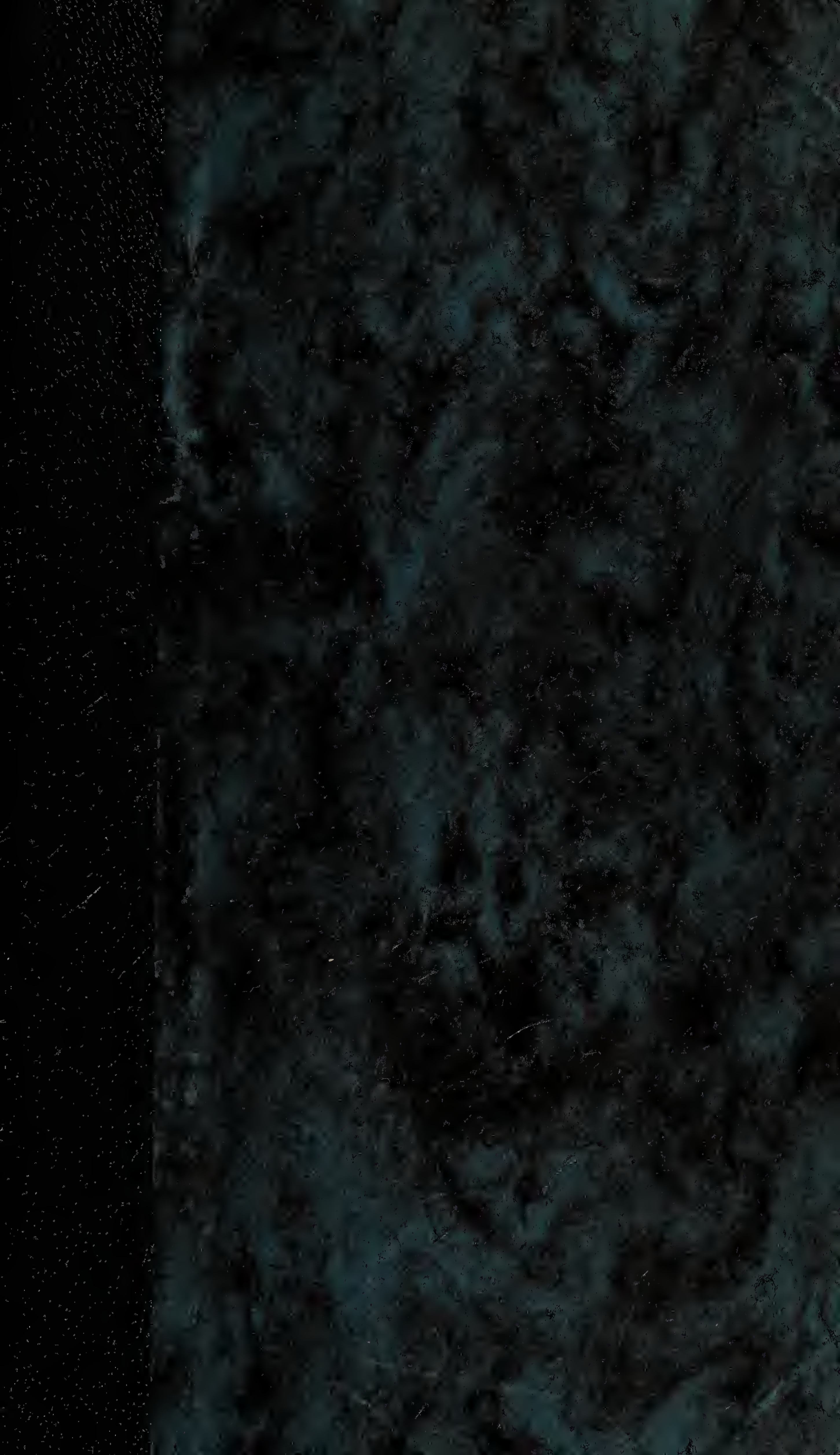
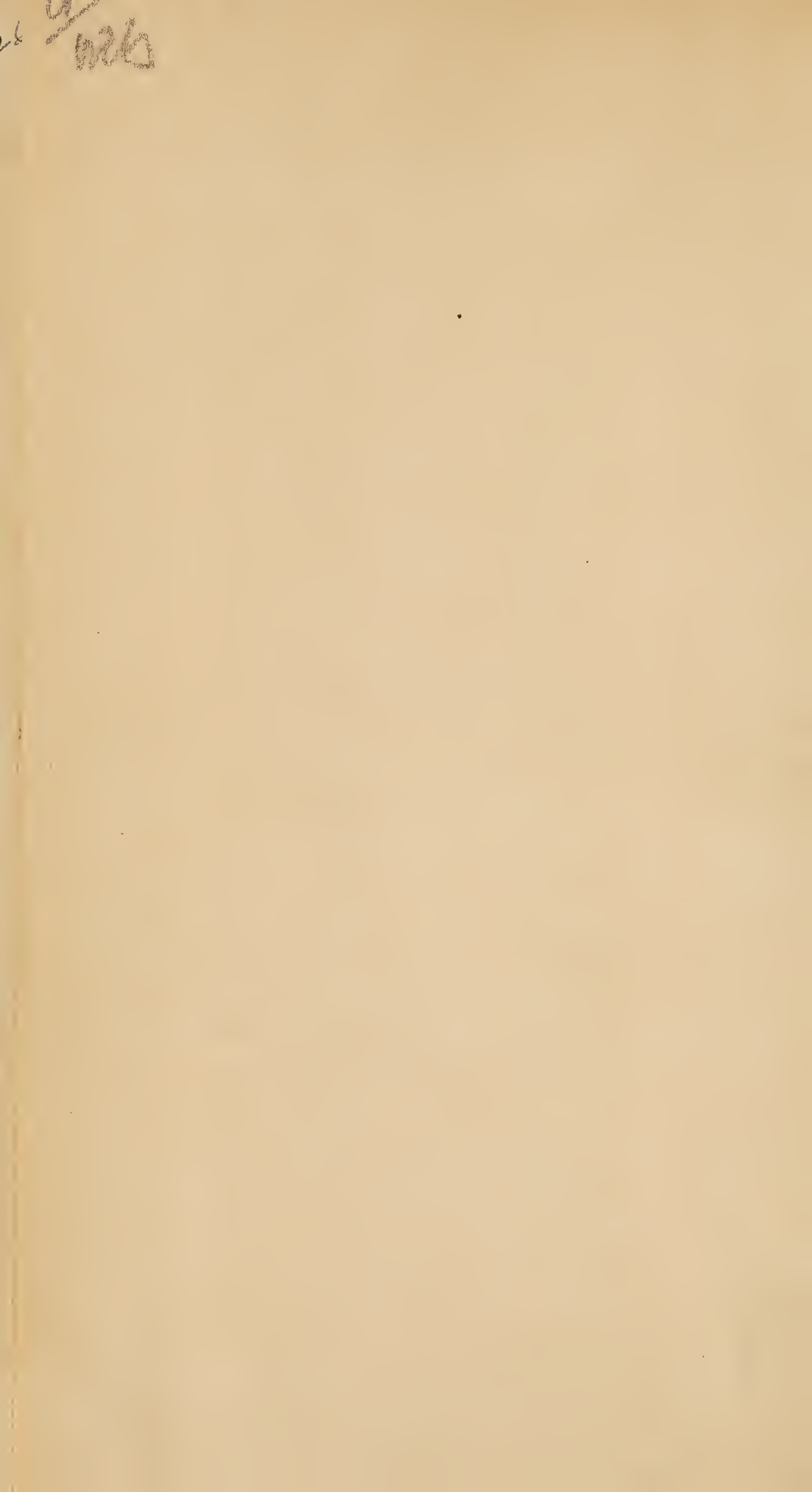


134 SCHWANN (*Dr.* THEODOR) MIKROKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE UEBEREINSTIMMUNG IN DER STRUKTUR UND DEM WACHSTHUM DER THIERE UND PFLANZEN, FIRST EDITION, 4 *plates, library stamps erased from title, half cloth* [*Garrison-Morton,* 113] 8*vo* *Berlin, Sander* (*G. E. Reimer*), 1839

*** The discovery of the cell structure of all animal life which caused a revolution in modern biological knowledge.



Mikroskopische
Untersuchungen

über

die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachsthum

der

Thiere und Pflanzen

von

Dr. *Th. Schwann.*

Mit vier Kupfertafeln.

Berlin 1839.
Verlag der Sander'schen Buchhandlung.
(G. E. Reimer.)

Vorrede.

Es ist ein wesentlicher Vorzug unseres Zeitalters, dafs die einzelnen Disziplinen der Naturwissenschaften in immer innigere Vereinigung miteinander treten, und gerade dieser wechselseitigen Durchdringung und Ergänzung verdanken wir einen grofsen Theil der Fortschritte, welche die Naturwissenschaften in der neuesten Zeit gemacht haben. Um so auffallender ist es aber, wenn die Anatomie und Physiologie der Thiere und Pflanzen trotz der vielen Bestrebungen ausgezeichneter Männer noch ziemlich isolirt nebeneinander stehen und die Schlüsse aus dem einen Gebiet nur eine entfernte und äufserst vorsichtige Anwendung auf das andere Gebiet erlauben. Erst in der neuesten Zeit haben beide Wissenschaften angefangen in innigere Verbindung miteinander zu treten. — Die vorliegende Abhandlung hat zur Aufgabe, den innigsten Zusammenhang beider Reiche der organischen Na-

tur aus der Gleichheit der Entwicklungsgesetze der Elementartheile der Thiere und Pflanzen nachzuweisen.

Das Hauptresultat der Untersuchung ist, dafs ein gemeinsames Entwicklungsprinzip allen einzelnen Elementartheilen aller Organismen zum Grunde liegt, ungefähr so wie alle Krystalle trotz der Verschiedenheit ihrer Form sich doch nach denselben Gesetzen bilden. Ich habe den Sinn eines solchen Vergleichs im Anfange des dritten Abschnittes dieser Abhandlung ausführlicher auseinanderzusetzen mich bemüht und will hier noch die wichtigsten geschichtlichen Momente in Bezug auf die Ausbildung dieser Idee hervorheben.

Sobald man das Mikroskop zur Erforschung der Struktur der Pflanzen benutzte, mufste die grofse Einfachheit derselben im Vergleich mit der Structur der Thiere auffallen. Während die Pflanzen sich ganz aus Zellen zusammengesetzt zeigten, waren die Elementartheile der Thiere äufserst manchfaltig und die meisten derselben schienen mit Zellen gar nichts gemeinsam zu haben. Dies harmonirte mit einer längst geltenden Ansicht, dafs nämlich das Wachsthum der Thiere, deren Gewebe mit Gefäfsen versehen sind, wesentlich verschieden sei von dem der Pflanzen. Den ohne Gefäfse wachsenden Elementartheilen der Pflanzen schrieb man ein selbstständiges Leben zu, man betrachtet sie gewisser Maafsen als Individuen, die erst die ganze Pflanze zu-

sammensetzen, während man bei den Elementartheilen der Thiere keineswegs ein Gleiches that. Man statuirte also einen wesentlichen Unterschied in der Art und in den Grundkräften des Wachsthums.

Indessen zeigte sich bald, dafs bei den Thieren auch Gewebe vorkommen, welche ohne Gefäfse wachsen und zwar erstens bei der Bildung des Eies und den frühern Entwicklungsstadien des Embryo vor der Blutbildung, zweitens bei einigen Geweben des Erwachsenen, z. B. der Epidermis. Bei dem Ei, wo sich unzweifelhafte Beweise eines wirklichen Lebens zeigten, waren alle Physiologen darin einverstanden, dafs dort ein sogenanntes pflanzenähnliches Wachsthum statt finde. Diese Pflanzenähnlichkeit bezog sich auf ein Wachsthum der Eitheile ohne Gefäfse: Form und Entwicklungsweise der Elementartheile waren dabei gleichgültig. Man hielt sich aber nicht berechtigt aus der Analogie des Eies auf ein pflanzenähnliches Wachsthum der Elementartheile der gefäfslosen Gewebe des Erwachsenen zu schliefsen; es machte sich vielmehr die Ansicht geltend, dafs diese Gewebe durch eine Sekretion von der Oberfläche der organisirten Gewebe entständen und wüchsen. So beim Epithelium, der Krystalllinse u. s. w. Diese Ansicht bestand noch fort, als auch die Struktur dieser Gewebe genauer bekannt wurde. Auch wurde durch das pflanzenähnliche Wachsthum der Bestandtheile des Eies die postulirte we-

sentliche Verschiedenheit des Wachsthums der gefäfshaltigen Gewebe nicht aufgehoben.

Im Jahre 1837 wurde ein sehr wichtiger Fortschritt dadurch gemacht, dafs auch das wirkliche Wachsthum der Elementartheile des Epitheliums ohne Gefäfse nachgewiesen wurde: Henle (Symbolae ad anatomiam vill. intest. Berol. 1837) zeigte, dafs die Epitheliumzellen von den untern Schichten gegen die obern bedeutend an Ausdehnung zunehmen, wodurch also über ein wahres pflanzenähnliches Wachsthum derselben kaum noch ein Zweifel übrig bleiben konnte. Henle *) sagt (l. c. pag. 9): Hoc in loco (in planta pedis) cellularum (retis Malpighii) diametrum extrorsum augeri, saepius repetita observatione pro re certa affirmare audeo. Quas retis cellulas non minus in foetu suillo sensim increscentes transire in cellulas epidermidis, nunquam non inveni. Purkinje und Raschkow (meletem. circa mammal. dentium evol. Vratisl. 1835) hatten über die Entwicklung der Epidermis Folgendes beobachtet: In primis evolutionis periodis — squamulae — epithelii nondum ita conformatae sunt ut in illa periodo, quae partui praecedit, sed parenchyma plantarum cellulis simillimum ostendunt, cum quaeque squamula, quae

*) Die Beobachtungen von Henle sind pag. 85 dieser Abhandlung ausführlicher entwickelt. Die Untersuchungen von Turpin und Dumortier konnten nicht angeführt werden, da sie mir erst beim Schlusse meiner Arbeit bekannt wurden.

postea talis apparet, tunc temporis tanquam cellula polyedrica e membrana tenacissima constans globosamque guttulam continens in conspectum veniat. Pressu applicato rumpebantur istae cellulae atque lymphaticum liquorem effundebant, quae cellulae, procedente evolutione, verisimile conplanatae in illas polyedricas squamas mutantur. Henle, indem er diese Stelle anführt, fügt hinzu (l. c. pag. 9): Haec illa num vero sola compressio in causa esse possit, ut parva cellula in tantam laminam extendatur, nondum satis mihi constat: certe principio increscere volumen cellulae, nescio an imbibitione, constabit, nisi spes fallit, promotis disquisitionibus. Auch wiefs Henle nach, dafs die Wimpern tragenden Cylinderchen nur eine Modification des Epitheliums sind (l. c. pag. 22 u. ff.).

Turpin (Annal. des sciences natur. VII. pag. 207) zeigte, dafs die Körperchen, welche Donné in den Ausflüssen der Vagina gefunden hatte und für abgestofsenes Epithelium hielt, organisirte Zellen seien, die im Allgemeinen länglich und an Einer oder an beiden Seiten zugespitzt oder ganz unregelmäfsig seien, und in deren Innerm sich eine neue Generation sphärischer Bläschen bilde. Er bemerkt dann (l. c. pag. 210): On ne peut s'empêcher, après avoir bien étudié les vésicules dont est formée la couche de mucus produite par la membrane muqueuse vaginale, d'y voir un tissu cellulaire bien organisé et composé comme tous les tissus cellulaires vé-

gétaux, d'un agglomérat, par simple contiguité, de vésicules distinctes et vivant individuellement chacune pour leur propre compte au dépens de l'eau muqueuse, qui les baigne de toutes parts. Turpin vergleicht dann dieses unter dem Ansehn von Schleim auftretende thierische Zellengewebe mit dem, was er suppurations vegétales, excretions muqueuses, qui semblent suinter sous forme de gouttelettes, de la surface des tissus vifs nennt und was man gewöhnlich unter dem Namen Cambium zusammenfasse und setzt zuletzt hinzu (l. c. pag. 212): En étendant la comparaison entre deux choses si comparables, on trouve que la forme variable des vésicules du tissu cellulaire du mucus de la membrane vaginale, leur allongement en pointe, leur flaccidité, toujours entretenue par l'humidité constante qui baigne les tissus animaux, et le développement dans leur intérieur, soit des granules, soit des vésicules sphériques, sont toutes choses, qui s'observent également dans la composition de tous les tissus cellulaires végétaux mous et aqueux et que l'on désigne par le nom de pulpe ou de parenchyme dans certaines tiges ou feuilles grasses et dans certains fruits mûrs ou blettes.

In demselben Jahre theilte Dumortier Untersuchungen über die Entwicklung der Schnekkeneier mit (Annal. des sciences natur. VIII. pap. 129). Er beobachtete, dafs in der in diesen Eiern befindlichen Schleimkugel, aus welcher sich der Embryo bildet, Zellen entstehn, in de-

ren Innerm sich sekundaire Zellen bilden u. s. f. und dafs sich dieses Gewebe von Zellen in die Leber umwandelt, während die übrigen Gewebe aus einer gallertartigen Masse entstehen, in der sich Myriaden von Punkten zeigen. In seinen Schlüssen sagt er (l. c. pag. 163): En examinant l'évolution des Mollusques, nous avons démontré que les tissus animaux, quoique formés originairement de même par la solidification des surfaces, se développent de différentes manières: le tissu cellulaire par des productions médianes, le tissu dermo-musculaire par un feutré de canicules centripètes. Ainsi, chez les animaux, les tissus ne se forment pas au dépens les une des autre; il n'y existe pas un tissu générateur unique, mais bien plusieurs tissus originairement distincts. — Les belles observations de M. Mirbel ont prouvé que chez les végetaux il existe un seul tissu originel, le tissu cellulaire, qui par une suite de métamorphoses, se transforme en tissu vasculaire. Par consequent le regne végétal est caractérisé par l'unité originel, et le regne animal par la pluralité originelle des tissus.

Man hatte aufserdem schon häufig auf die Formähnlichkeit einzelner thierischer Gebilde mit pflanzlichen aufmerksam gemacht. So wurde häufig von dicht gedrängten thierischen Zellen oder auch blofsen Kugeln erwähnt, dafs sie ein Ansehn wie Pflanzenzellgewebe darbieten und Valentin (Nov. Act. N. C. XVIII. P. 1. 96) fügte der Beschreibung des Kerns der Epidermiszel-

len hinzu, dafs er an den im Pflanzenreiche vorkommenden nucleus in den Zellen der Epidermis, des Pistills u. dgl. erinnere. Solche Vergleiche hatten aber defshalb keine weitere Folge, weil es blofse einzelne Formähnlichkeiten von Gebilden waren, welche die manchfaltigsten Formen zeigen.

Schleiden stellte Untersuchungen über die Entwicklungsweise der Pflanzenzellen an, wodurch dieser Prozefs aufs herrlichste aufgeklärt wurde. Diese vortreffliche Arbeit erschien später im zweiten Heft von Müller's Archiv 1838. Er fand, dafs bei der Bildung der Pflanzenzellen in einer körnigen Substanz zuerst kleine schärfer gezeichnete Körnchen entstehn und um diese sich die Zellenkerne (Cytoblasten) bilden, die gleichsam als granulöse Koagulationen um jene Körnchen erscheinen. Die Cytoblasten wachsen noch eine Zeit lang und dann erhebt sich auf ihnen ein feines durchsichtiges Bläschen, die junge Zelle, so dafs diese Anfangs auf dem Cytoblasten, wie ein Uhrglas auf einer Uhr aufsitzt. Sie dehnt sich dann durch Wachsthum weiter aus. Schleiden theilte mir die Resultate seiner Untersuchungen vor der Publikation im October 1837 wit. Es war mir früher schon die Formähnlichkeit der Chorda dorsalis, worauf J. Müller schon aufmerksam gemacht hatte, und der Kiemenknorpel der Froschlarven mit Pflanzellen aufgefallen; es liefs sich indessen daraus nichts folgern. Die Entdeckungen von Schlei-

den gaben aber die Veranlassung zu weitern Untersuchungen in einer andern Richtung.

In den oben erwähnten Untersuchungen von Henle, Turpin und Dumortier lag die Pflanzenähnlichkeit der untersuchten thierischen Gewebe, Epithelium und Leber der Schnecken, erstens darin, daſs die Elementartheile dieser Gewebe ohne Gefäſse und zum Theil frei in einer Flüssigkeit oder sogar eingeschlossen in einer andern Zelle wachsen, zweitens darin, daſs diese ein gefäſsloses Wachsthum zeigenden Elementartheile mit einer eigenthümlichen Wand versehene Zellen sind, wie die Pflanzenzellen. Nachdem diese Beweise geliefert waren, war man berechtigt, diese Zellen so neben die Pflanzenzellen zu stellen, wie die verschiedenen Arten thierischer Zellen, z. B. Keimbläschen, Blutkörperchen, Fettzellen nebeneinander standen, als verschiedene Species unter dem naturhistorischen Begriff Zellen.

Die Lage der Sache im Anfange meiner Untersuchung war demnach folgende: Die Elementartheile der Organismen erschienen unter den manchfaltigsten Formen; mehre von diesen waren einander ähnlich und man konnte nach dieser gröſseren oder geringeren Aehnlichkeit eine Gruppe der Fasern, der Zellen, der Kugeln u. s. w. unterscheiden, und es gab in jeder dieser Abtheilungen wieder verschiedene Arten. Wie die Zellen insgesammt von den Fasern, so muſsten auch die einzelnen Zellenarten von einander

und die einzelnen Faserarten von einander, nur dem Grade nach weniger, als verschieden angenommen werden. Alle diese Formen schienen untereinander nichts gemeinsam zu haben, als dafs sie durch Ansatz neuer Molekule zwischen die vorhandenen wachsen, dafs es lebendige Elementartheile sind. So lange man die Epitheliumzellen als eine Sekretion der organisirten Substanz betrachtete, konnte man sie auch nicht einmal in diesem Sinne neben die lebenden Elementartheile stellen. In der Art, wie sich die Molekule zu den lebenden Elementartheilen zusammenfügen, schien nichts Gemeinsames statt zu finden. Hier fügten sie sich zu dieser, dort zu jener Art von Zellen, an einer dritten Stelle zu einer Faser u. s. w. zusammen. Das Entwicklungsprinzig schien für die physiologisch verschiedenen Elementartheile durchaus verschieden, und eine Verschiedenheit der Gesetze, wie man sie bei der Entwicklung einer Zelle und einer Faser annehmen mufste, mufste man auch nur in geringerm Grade zwischen den einzelnen Zellenarten und zwischen den einzelnen Faserarten annehmen. Zellen, Fasern u. s. w. waren daher nur naturhistorische Begriffe und man konnte aus der Entwicklunsweise einer Zellenart nicht auf die einer andern schliefsen, und in der That geschah dies auch nicht, obgleich man wichtige Punkte in dem Entwicklungsprozefs einzelner Zellenarten, z. B. der Blutkörperchen (S. p. 75 d. Abh.) und des Eies (S. d. Nachtrag p. 258)

kannte. Die oben angeführten Untersuchungen, obgleich sie das wichtige Faktum des gefäſslosen Wachsthums konstatirten, änderten darin nichts. Die Idee, durch Vergleichung thierischer Zellen mit Pflanzenzellen die Gleichheit des Entwicklungsprinzips für physiologisch verschiedene Elementartheile nachzuweisen, lag in jenen Untersuchungen nicht, und deſshalb konnten jene Forscher auch bei den angeführten Untersuchungen stehen bleiben.

Die Entdeckungen von Schleiden lehrten den Entwicklungsprozeſs der Pflanzenzellen genauer kennen. Dieser Prozeſs enthielt charakteristische Momente genug, um einen Vergleich thierischer Zellen in Bezug auf ein gleiches Entwicklungsprinzip möglich zu machen. Ich verglich in diesem Sinne die Zellen der Knorpel und der Chorda dorsalis mit den Pflanzenzellen, und es zeigte sich die vollständigste Uebereinstimmung. Die Entdeckung, welche meiner Untersuchung zur Basis diente, lag gerade in der Erkenntniſs des Prinzips, welches darin enthalten ist, wenn zwei physiologisch verschiedene Elementartheile auf dieselbe Weise sich entwickeln. Denn aus dem oben Gesagten geht hervor, daſs wenn man in diesem Sinne die Uebereinstimmung zweier Zellenarten behauptet, man gezwungen ist, dasselbe Entwicklungsprinzip bei allen auch den verschiedensten Elementartheilen anzunehmen, eben weil der Unterschied zwischen den übrigen Elementartheilen und einer Zelle nur gradweise

verschieden ist von dem Unterschiede, welcher zwischen zwei Zellen statt findet, also auch das Entwicklungsprinzip der letztern nur dann gleich sein kann, wenn es sich bei den übrigen Elementartheilen wiederfindet. Dies behauptete ich daher auch gleich, sobald ich von der Uebereinstimmung der Knorpelzellen mit den Pflanzenzellen in diesem Sinne überzeugt war.

Es war nun leicht, das aufgestellte Prinzip für die übrigen Gewebe durchzuführen, da man gerade durch dieses Prinzip schon im Voraus die Gesetze der Entwicklung derselben kannte. Die wirkliche Beobachtung bestätigte auch vollkommen den für die übrigen Gewebe gezogenen Schluſs. Bei den Elementartheilen gefäſshaltiger Gewebe brauchte dieses Prinzip sich nicht nothwendig wiederzufinden; denn da hier kein selbstständiges Leben der Elementartheile, also eine Verschiedenheit der Grundkräfte des Wachsthums angenommen wurde, so konnten hier auch, unbeschadet des Prinzips, ganz andere Entwicklungsgesetze obwalten. Allein so gering auch die Wahrscheinlichkeit im Anfange war, daſs das Prinzip sich auch hier durchführen lasse, so zeigte doch die Beobachtung bald, daſs die Gefäſse gar keine wesentliche Verschiedenheit des Wachsthums begründen, sondern nur einige Unterschiede veranlassen, die sich als Folge einer feinern Vertheilung der ernährenden Flüssigkeit, ferner des hierdurch und durch die Cirkulation erleichterten Stoffwechsels und endlich einer gröſsern Imbibi-

tionsfähigkeit der thierischen Substanz erklären lassen. So stellte sich auch durch die Beobachtung der Satz fest, dafs es ein gemeinsames Entwicklungsprinzip für die Elementartheile aller Organismen gibt. Man wufste zwar schon längst, dafs alle Gewebe sich aus einer körnigen Masse bilden; allein dafs diese Körner in einer direkten Beziehung zu den spätern Elementartheilen stehen und in welcher, war nur von wenigen Elementartheilen bekannt, und bei diesen schien die Entwicklungsweise so verschieden, dafs die Einheit darin nicht erkannt wurde und nicht erkannt werden konnte. Denn die Gleichheit des Entwicklungsprinzips liegt hauptsächlich in der gleichen Entstehung dieser Körner selbst und diese war unbekannt, ja man bezeichnete unter dem Namen Körner oder körnige Masse bald die ganzen Zellen, bald die Zellenkerne, bald körnige Substanzen, die sich gewisser Mafsen als chemische Niederschläge bilden und mit den Elementarzellen der Organismen in keinem direkten Zusammenhang stehn.

Eine vorläufige Uebersicht der gewonnenen Resultate, welche schon die meisten Gewebe umfafste, theilte ich im Anfange des Jahres 1838 in Froriep's Not. No. 91, 103 u. 112 mit. Die ausführlichere Behandlung erforderte längere Zeit; die beiden ersten Hefte der vorliegenden Abhandlung gingen im August und December 1838 bei der Pariser Akademie ein. J. Müller und Henle haben die Theorie bereits auf die wich-

tigsten pathologischen Prozesse angewandt und es fehlt nur noch die Ausdehnung auf die vergleichende Anatomie namentlich der niederen Thiere.

Am Schlusse dieser Abhandlung habe ich eine Theorie der Organismen versucht und dafür in der Abhandlung selbst alles Theoretische ausgeschlossen, um das Faktische mit dem Hypothetischen nicht zu vermischen. Die Theorie hat wenigstens den Vortheil, dafs man sich darnach eine bestimmte Vorstellung von den organischen Prozessen machen kann, welche zu neuen Untersuchungen führt: eine solche Theorie hat daher selbst dann Nutzen, wenn man ihre entschiedene Unrichtigkeit annimmt. Sie enthält die Principien für die organischen Erscheinungen des gesunden und kranken Organismus. Ich beabsichtigte noch die Anwendung auf die einzelnen organischen Processe hinzuzufügen; allein eine Veränderung meiner äufsern Verhältnisse zwang mich die Abhandlung zu schliefsen. Vielleicht findet sich später Gelegenheit, das Fehlende zu ergänzen.

Berlin, im März 1839.

Inhalt.

Einleitung. . . . . Seite 1
I. Abschnitt. Ueber die Struktur und das Wachsthum der Chorda dorsalis und der Knorpel. . . . . — 11
1. Chorda dorsalis. . . . . — 11
2. Knorpel. . . . . — 17
II. Abschnitt. Ueber die Zellen als Grundlage aller Gewebe des thierischen Körpers. — 41
I. Abtheilung. Ueber das Ei und die Keimhaut. . — 46
II. Abtheilung. Bleibende Gewebe des thierischen Körpers. . . . . — 71
I. Klasse. Isolirte selbstständige Zellen. . . . — 74
1) Lymphkörperchen. . . . . . — 75
2) Blutkörperchen. . . . . . . — 75
3) Schleimkörperchen. . . . . . — 77
4) Eiterkörperchen. . . . . . — 78
II. Klasse. Selbstständige, zu zusammenhängenden Geweben vereinigte Zellen. . . . — 81
1) Epithelium. . . . . — 82
2) Das schwarze Pigment. . . . . . — 87
3) Nägel. . . . . — 90
4) Klauen. . . . . — 92
5) Federn. . . . . — 93
6) Krystalllinse. . . . . . . — 99

III. Klasse. Gewebe, in denen die Zellenwände unter einander oder mit der Interzellularsubstanz verschmolzen sind. . . . . . Seite 110
1) Knorpel und Knochen. . . . . . — 111
2) Zähne. . . . . — 117
IV. Klasse. Faserzellen, oder Gewebe, die aus Zellen entstehen, welche sich in Faserbündel theilen. . . . . — 132
1) Zellgewebe. . . . . — 133
2) Sehnengewebe. . . . . — 147
3) Elastisches Gewebe. . . . . . . — 148
V. Klasse. Gewebe, die aus Zellen entstehen, deren Wände und deren Höhlen miteinander verschmelzen. . . . . — 155
1) Muskeln. . . . . — 156
2) Nerven. . . . . — 169
3) Kapillargefäfse. . . . . — 182

III. **Abschnitt.** **Rückblick auf die vorige Untersuchung, der Zellenbildungsprozefs, Theorie der Zellen.** . . . . — 191

Nachtrag über die Bedeutung des Keimbläschens. . — 258

Bemerkungen über eine von Herrn Prof. Valentin gegebene geschichtliche Darstellung der früheren Untersuchungen über den abgehandelten Gegenstand. . . . . — 260

Erklärung der Kupfertafeln. . . . . . . — 267

Einleitung.

So grofs die Manchfaltigkeit ist, welche die Pflanzen in ihrer äufseren Form darbieten, so einfach ist ihre innere Structur. Dieser aufserordentliche Reichthum von Gestalten wird nur hergebracht durch die verschiedene Aneinanderfügung einfacher Elementargebilde, die zwar verschiedene Modifikationen zeigen, aber wesentlich überall dasselbe sind, nämlich Zellen. Die ganze Klasse der cellulären Pflanzen besteht nur aus Zellen, die bald als solche erkannt werden können; manche derselben werden nur von aneinandergereihten, gleichartigen oder selbst nur von Einer Zelle gebildet. Die vaskulären Pflanzen bestehn im frühesten Zustande ebenfalls nur aus einfachen Zellen und das Pollenkorn, nach Schleiden's Entdeckung die Grundlage der neuen Pflanze, ist in seinen wesentlichen Theilen nur eine Zelle. An erwachsenen vaskulären Pflanzen ist die Structur manchfaltiger, so dafs man noch vor Kurzem als die Elementargewebe der Pflanzen, Zellengewebe, Fasergewebe und Gefäfse oder Spiralröhren unterschied. Allein die Untersuchungen über den Bau und besonders über die Entwickelungs-Geschichte dieser Gewebe haben gezeigt, dafs diese Fasern und Spiralröhren nur langgestreckte Zellen und die Spiralfasern nur spiralförmige Ablagerungen auf der inneren Fläche der Zellen sind. Auch die vaskulären Pflanzen bestehn also aus Zellen, die nur zum Theil eine weitere Entwicklung erfahren haben. Nur die Milchsaftgefäfse sind bis jetzt noch nicht auf Zellen zurückgeführt; allein es fehlt auch noch

an Beobachtungen über ihre Entwicklung. Nach Unger (Aphorismen zur Anatomie und Physiol. der Pflanzen. Wien 1838, pag. 14) entstehen sie ebenfalls aus Zellen, deren Zwischenwände obliteriren.

Die Thiere, wie sie überhaupt in ihrer äufsern Form noch weit manchfaltiger sind als die Pflanzenwelt, besonders die höhern derselben im erwachsenen Zustande zeigen auch eine weit manchfaltigere Structur in ihren einzelnen Geweben. Wie sehr unterscheidet sich ein Muskel von einem Nerven, dieser vom Zellgewebe, das mit dem Pflanzenzellgewebe nur seinen Namen gemein hat, oder vom elastischen Gewebe, Horngewebe u. s. w. Gehn wir aber auf die Entwicklungs-Geschichte dieser Gewebe zurück, so zeigt sich, dafs alle diese manchfaltigen Formen ebenfalls nur aus Zellen entstehn und zwar aus Zellen, die durchaus den Pflanzenzellen analog sind und in ihren vegetativen Lebens-Erscheinungen zum Theil die merkwürdigste Uebereinstimmung zeigen. Diefs durch Beobachtungen nachzuweisen ist der Zweck der gegenwärtigen Abhandlung.

Es ist aber nothwendig, Einiges über die Lebens-Erscheinungen der einzelnen Pflanzenzellen vorherzuschicken. Jede Zelle ist innerhalb einer gewissen Grenze ein Individuum, ein selbstständiges Ganze. Die Lebens-Erscheinungen Einer Pflanzenzelle wiederholen sich ganz oder zum Theil in allen übrigen. Diese Individuen stehn aber nicht als ein blofses Aggregat neben einander, sondern sie wirken auf eine uns unbekannte Weise in der Art zusammen, dafs daraus ein harmonisches Ganze entsteht. Die Prozesse nun, die in den Pflanzenzellen vorgehn, lassen sich auf folgende Punkte zurückführen: 1) Das Entstehen neuer Zellen; 2) die Ausdehnung der vorhandenen Zellen; 3) die Umwandlung des Zelleninhaltes und die Verdickung der Zellenwand; 4) die von den Zellen ausgehende Absonderung und Resorption.

Bei der genauern Betrachtung dieser einzelnen Lebens-Erscheinungen der Zellen lege ich hauptsächlich die vor-

trefflichen Untersuchungen von Schleiden zu Grunde, die so viel Licht über diesen Gegenstand verbreiten. (Siehe dessen „Beiträge zur Phytogenesis“ in Müller's Archiv. 1838. pag. 137 u. ff. Taf. III. und IV.)

Zunächst die Entstehung neuer Zellen. Diese geschieht nach Schleiden bei den Phanerogamen mit vorläufiger Ausnahme des Cambiums immer innerhalb der schon fertigen Zellen und zwar auf eine höchst merkwürdige Weise von dem bekannten Zellenkern aus. Wegen seiner Wichtigkeit für die thierische Organisation setze ich die von Schleiden gegebene Beschreibung im Auszuge hierher. Eine Abbildung findet sich in der beiliegenden Tab. I. Fig. 1. a. a. aus einer Zwiebel. „Dieses Gebilde, von R. Brown Areola oder Zellenkern, von Schleiden Cytoblast genannt) variirt in seinen Umrissen zwischen dem Ovalen und Kreisrunden, so wie es seiner Körperlichkeit nach von der Linsenform zur völligen Kugel überzugehen scheint. Seine Farbe ist meist gelblich doch auch fast ins Silberweifse übergehend; seiner Duschsichtigkeit wegen ist der Cytoblast oft kaum zu unterscheiden. Von Jod wird er nach seiner verschiedenen Modifikation vom Blafsgelb bis ins dunkelste Braun gefärbt. Seine Gröfse variirt nach seinem Alter, nach den Pflanzen und den verschiedenen Theilen einer Pflanze bedeutend von 0,0001 bis 0,0022 P. Z. Seine innere Structur ist granulös, ohne dafs sich doch die Körner, aus denen er besteht, scharf von einander abgrenzen. Seine Konsistenz ist sehr verschieden, von der Weichheit, dafs er sich in Wasser fast auflöst bis zur Festigkeit, dafs er selbst starken Druck des Prefsschiebers erträgt, ohne seine Form einzubüfsen. Aufser dieser von Brown und Meyen schon angegebenen Eigenthümlichkeiten des Cytoblasten hat Schleiden im Innern desselben noch ein kleines Körperchen entdeckt, (S. Tab. I. Fig. 1 b.), welches bei schön ausgebildeten Cytoblasten als ein dicker Ring oder ein dickwandiges hohles Kügelchen erscheint. Es zeigt sich aber an verschiedenen Cytoblasten sehr verschieden. Bald

unterscheidet man nur den äufsern scharfen Kreis dieses Ringes mit einem dunkeln Punkt in der Mitte, bald und zwar am häufigsten sieht man nur einen scharf umschriebenen Fleck. In andern Fällen ist dieser sehr klein und zuweilen ist gar kein solcher Fleck zu erkennen. Da im Folgenden häufig davon die Rede sein wird, so will ich es der Kürze wegen Kernkörperchen nennen. Zuweilen kommen nach Schleiden zwei, seltener drei oder nach einer mündlichen Mittheilung selbst vier solcher Körperchen im Cytoblasten vor. Ihre Gröfse ist sehr verschieden vom halben Durchmesser des Cytoblasten bis zum winzigsten Pünktchen."

Die Entstehung der Zellen aus dem Cytoblasten ist nach Schleiden's Beschreibung folgende: „Sobald die Cytoblasten ihre völlige Gröfse erreicht haben, erhebt sich auf ihnen ein feines durchsichtiges Bläschen, die junge Zelle, das auf den flachen Cytoblasten wie ein Uhrglas auf einer Uhr aufsitzt. Es ist noch so weich, dafs es sich nach einigen Minuten in destillirtem Wasser auflöst. Allmählig dehnt es sich aus, wird konsistenter und zuletzt so grofs, dafs der Cytoblast nur als ein kleiner in einer der Seitenwände eingeschlossener Körper erscheint. Der Theil der Zellenwand, welcher den Cytoblast von der innern Seite bedeckt, ist aber äufserst fein und gallertartig und nur in seltenen Fällen zu beobachten, wird auch bald resorbirt, zugleich mit dem Cytoblast, der ebenfalls bei der ausgebildeten Zelle resorbirt wird. Die Cytoblasten bilden sich frei innerhalb einer Zelle in einer Masse von Schleimkörnchen und die jungen Zellen liegen ebenfalls frei in der Mutterzelle und nehmen, indem sie sich gegeneinander abplatten, die polyedrische Form an. Später wird die Mutterzelle resorbirt." Eine Abbildung junger Zellen in Mutterzellen siehe Tab. I. Fig. 2. b b b. Dafs die Bildung neuer Zellen immer aus einem Cytoblasten und immer innerhalb der vorhandenen Zellen geschieht, kann einstweilen noch nicht mit Bestimmtheit ausgesprochen werden, da die Cryptogamen in dieser Hin-

sicht noch nicht untersucht sind und Schleiden sich auch über das Cambium noch nicht ausgesprochen hat. Nach Mirbel findet auch bei den Phanerogamen eine Bildung neuer Zellen aufser den alten, in den Intercellulargängen und an der Oberfläche der Pflanze statt. Siehe Mirbel über Marchantia in Annales de Musée I, 55. und die Gegenbemerkungen von Schleiden l. c. pag. 161. Verschieden von der angeführten Art der Bilduug neuer Zellen ist die Vermehrung der Zellen durch Theilung der vorhandenen, indem in ihnen Scheidewände hervorwachsen, wenn diefs nicht, wie Schleiden vermuthet, eine Täuschung ist, indem die jungen Zellen ihrer Durchsichtigkeit halber der Beobachtung entgingen und nur zuletzt die Berührungsstellen der jungen Zellen als Scheidewand der Mutterzelle angesehen wurden.

Die Ausdehnung der gebildeten Zellen ist entweder regelmäfsig nach allen Seiten hin, wo dann die Zelle kugelig bleibt oder durch Abplattung gegen die benachbarten Zellen polyedrisch wird, oder sie ist unregelmäfsig, indem die Zelle nach einer oder nach mehreren Richtungen hin stärker wächst. Dadurch entsteht das früher sogenannte Fasergewebe, welches bedeutend verlängerte Zellen enthält. Auch eine Verästelung dieser Fasern kommt vor, wenn sich verschiedene Stellen der Zellenwand nach verschiedenen Richtungen hin ausdehnen. Diese Ausdehnung der Zellenwand läfst sich nicht für eine blofs mechanische erklären, wobei die Zellenmembran beständig dünner werden müfste. Sie ist oft sogar mit einer Verdickung der Zellenwand verbunden und wird wahrscheinlich durch die Intussusceplio genannte Art des Ernährungsprozesses bewirkt. S. Hugo Mohl Erläuterung und Vertheidigung meiner Ansicht von der Structur der Pflanzensubstanzen. Tübingen 1836. 4. Auch die Abplattung der Zellen läfst sich hieher rechnen.

Von den Veränderungen, welche der Zelleninhalt und die Zellenwand bei der Vegetation erleiden, betrachte ich nur die Verdickung der Zellenwand, da ich über die Um-

wandlungen des Contentums der Zellen bei den Thieren nur einzelne wenige Beobachtungen habe, die allerdings auf analoge Veränderungen, wie bei den Pflanzen hindeuten. Die Verdickung der Zellenwände geschieht entweder durch Ablagerung von der ursprünglichen Zellenwand verschiedener oder seltener auch mit ihr homogener Substanzen auf der innern Fläche der Zellenwand, oder durch wirkliche Verdickung der Substanz der Zellenwand. Die erstern Ablagerungen geschehen schichtenweise, wie man wenigstens an vielen Stellen sehr deutlich sieht. (Siehe Meyen's Pflanzen-Physiologie. I. Bd. Tab. I. Fig. 4.) Sehr häufig, nach Valentin allgemein, geschehen diese Ablagerungen in Spiralen, wie diefs z. B. bei den Spiralröhren und Spiralzellen sehr deutlich ist. Die Verdickung der Zellenmembran selbst, obwohl seltener, scheint doch in einzelnen Fällen unzweifelhaft, namentlich an den Pollenschläuchen z. B. von Formium tenax. Mit der Umwandlung des Zelleninhaltes steht wahrscheinlich das überaus merkwürdige Phänomen der Zellensaftbewegung in Verbindung, welches jetzt schon an einem sehr grofsen Theil der Pflanzenzellen beobachtet worden ist. Bei den Charen, wo es am deutlichsten ist, läfst sich auch darin eine Spiralbewegung erkennen. Meistens aber durchkreuzen sich die Ströme auf die manchfaltigste Weise.

Die Resorption und die Sekretion können als Wirkungen der Pflanzenzellen nach aufsen zusammengefafst werden. Von der Resorption geben das Verschwinden der Mutterzellen, in denen sich junge Zellen gebildet haben, oder des Zellenkerns und vieles Andere hinlängliche Beispiele. Die Sekretion zeigt sich z. B. bei den Ausscheidungen von Harz in den Interzellulargängen, einer zuckerhaltigen Flüssigkeit bei den Nektardrüsen u. s. w.

Bei alle diesen Prozessen bleiben die Zellen jede für sich bestehend getrennt. Es kommen aber auch Beispiele bei den Pflanzen vor, wo die Zellen mit einander verschmelzen und zwar entweder blofs die Wände oder auch die Höhlen. Bei den Cacteen hat Schleiden gefunden,

dafs die verdickten Wände vieler Zellen sich zu einer homogenen Substanz vereinigen, in der nur noch die Reste der Zellenhöhlen unterschieden werden können. Tab. I. Fig. 3 stellt eine solche von Schleiden beobachtete Verschmelzung der Zellenwände dar. Das Ganze ist eine Mutterzelle mit verdickten Wänden, in welcher sich vier junge Zellen gebildet haben, deren Wände ebenfalls verdickt und unter einander sowohl als mit den Wänden der Mutterzelle verschmolzen sind, so dafs nur die vier Höhlen mit ihren Kernen in einer homogenen Substanz übrig bleiben. Die Spiralgefäfse und nach Unger auch die Milchsaftgefäfse liefern Beispiele, wie durch Resorption der Scheidewände auch die Höhlen mehrerer Zellen sich mit einander vereinigen können.

Nach diesen Vorerinnerungen gehen wir nun zu den Thieren über. Man hat schon häufig auf die Aehnlichkeit einzelner thierischer Gebilde mit pflanzlichen aufmerksam gemacht. Allein mit Recht hat man aus solchen einzelnen Aehnlichkeiten nichts gefolgert. Nicht jede Zelle ist ein den Pflanzenzellen analoges Gebilde, und die polyedrische Form, da sie ein nothwendiges Attribut dicht gedrängter Zellen ist, fügt kein neues Merkmal der Aehnlichkeit hinzu, als eben das dichte Gedrängtsein der Zellen. Wenn man Zellen thierischer Gewebe jenem Elementargebilde der Pflanzen analog stellen will, so kann diefs mit Sicherheit nur auf einem der folgenden Wege geschehen, entweder 1) dadurch, dafs man zeigt, dafs ein grofser Theil der thierischen Gewebe aus Zellen, von denen jede ihre besondere Wand haben mufs, entsteht oder besteht, in welchem Falle es dann wahrscheinlich wird, dafs diese Zellen dem bei den Pflanzen allgemein vorkommenden zelligen Elementargebilde entsprechen, oder 2) bei einem einzelnen aus Zellen bestehenden thierischen Gewebe ist es nothwendig, aufser seiner zelligen Structur überhaupt

nachzuweisen, dafs in diesen Zellen ähnliche Kräfte wirken, wie in den Pflanzenzellen, oder, da diefs direkt unmöglich ist, dafs die Erscheinungen, wodurch sich die Thätigkeit dieser Kräfte äufsert, nämlich Ernährung und Wachsthum auf dieselbe oder ähnliche Art vor sich gehen, wie bei den Pflanzenzellen. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtete ich auch die Sache, als ich im vorigen Sommer, bei Gelegenheit meiner Untersuchungen über die Nervenendigungen in dem Schwanze der Froschlarven (Medic. Zeitung 1837), nicht nur die schöne zellige Structur der Chorda dorsalis bei diesen Larven sah, sondern auch die die Kerne in diesen Zellen entdeckte. J. Müller hatte bei den Fischen schon nachgewiesen, dafs die Chorda dorsalis aus einzelnen, mit eigenthümlichen Wänden versehenen, dicht zusammengelagerten Zellen, wie das Pigment der Chorioidea bestehe. Es kamen nun zur Erhöhung der Pflanzenähnlichkeit die Kerne hinzu, die in ihrer Form den gewöhnlichen platten Pflanzenzellenkernen zum Verwechseln ähnlich sind. Allein da die Wichtigkeit dieser Kerne nicht bekannt war, vielmehr die meisten Zellen der erwachsenen Pflanzen keine Kerne zeigen, so genügte diefs nicht zu weiteren Schlüssen. Dafs die von Purkinje und Deutsch entdeckten Knorpelkörperchen in mehreren Knorpelarten hohl, also im weiteren Sinne des Wortes Zellen sind, hatte J. Müller durch den allmählichen Uebergang derselben in gröfsere Zellen nachgewiesen, und auch Miescher unterscheidet eine besondere Klasse spongiöser Knorpel von zelliger Struktur. Kerne in den Knorpelkörperchen waren ebenfalls bekannt. Da nun Müller und später auch Meckauer das Hervorstehen von Knorpelkörperchen am Rande eines Präparates beobachteten, so war es sehr wahrscheinlich, dafs wenigstens ein Theil der Knorpelkörperchen als Zellen im engeren Sinne des Wortes oder mit einer Haut umschlossene Höhlen betrachtet werden mufsten. Gurlt nennt auch die Knorpelkörperchen in einem Theil der bleibenden Knorpel Bläschen. Es gelang mir nun, die eigenthümliche Wand der Knorpel-

körperchen zuerst an den Kiemenknorpeln der Froschlarven, später auch der Fische wirklich zu beobachten, und die Uebereinstimmung aller Knorpelkörperchen und dadurch bei allen Knorpeln eine zellige Struktur im engeren Sinne des Wortes nachzuweisen. An einigen Knorpelzellen liefs sich bei ihrem Wachsthum auch eine Verdickung der Zellenwände erkennen. Diefs war eine neue Erweiterung der Aehnlichkeit in dem Vegetationsprocesse thierischer Zellen mit Pflanzenzellen. Gelegentlich theilte mir nun Hr. Dr. Schleiden seine vortrefflichen Untersuchungen über die Entstehung der neuen Zellen bei den Pflanzen aus den Kernen innerhalb der Mutterzellen mit. Es erklärte sich dadurch leicht der mir bis dahin noch räthselhafte Inhalt der Zellen der Kiemenknorpel der Froschlarven, worin ich nun junge, mit einem Kern versehene Zellen erkannte. Meckauer und Arnold hatten schon früher Fettbläschen in den Knorpelkörperchen gefunden. Als es mir nun bald darauf gelang, bei den Kiemenknorpeln die Entstehung der jungen Zellen innerhalb der Mutterzellen aus den Kernen sehr wahrscheinlich zu machen, war die Sache entschieden. Im thierischen Körper kamen Zellen vor mit einem Kern, in seiner Lage zur Zelle, seiner Form und ihren Modifikationen übereinstimmend mit dem Cytoblasten der Pflanzenzellen, eine Verdickung der Zellenwand fand statt, und die Bildung junger Zellen innerhalb der Mutterzelle aus einem ähnlichen Cytoblasten und deren Wachsthum ohne Gefäfszusammenhang war nachgewiesen. Viele Einzelheiten erweiterten noch diese Uebereinstimmung, und für diesen einzelnen Theil war der oben verlangte Beweis geliefert, dafs diese Zellen den Elementarzellen der Pflanzen entsprechen. Ich vermuthete nun gleich, dafs die Zellenbildung ein weiter verbreitetes, vielleicht allgemeines Princip für die Bildung organischer Substanzen sei. Es waren schon mehrere Zellen zum Theil mit Kernen bekannt, z. B. beim Ei, beim Epithelium, Pigment, Blutkörperchen u. s. w. Es lag nahe, diese bekannten Zellen unter Einem Gesichtspunkt zusammenzufassen und z. B. die Blutkörper-

chen mit den Epitheliumzellen zu parallelisiren, und diese so wie die Knorpel- und Pflanzenzellen als einander entsprechend und als Realisirungen jenes gemeinschaftlichen Princips zu betrachten. Diefs war um so wahrscheinlicher, als schon mehrere ähnliche Momente des Entwicklungsganges dieser Zellen bekannt waren. C. H. Schultz hatte schon die Präexistenz der Kerne der Blutkörperchen, die Bildung der Bläschen um dieselben und die allmählige Ausdehnung dieser Bläschen nachgewiesen. Henle hatte das allmählige Wachsthum des Volumens der Epidermiszellen von den untern Epidermisschichten gegen die obern hin beobachtet. Das von Purkinje beobachtete Wachsthum des Keimbläschens diente auch Anfangs als Beispiel vom Wachsthum einer Zelle innerhalb einer anderen, obgleich es später wahrscheinlicher wurde, dafs es nicht die Bedeutung einer Zelle, sondern eines Zellenkerns hat, und dadurch den Beweis lieferte, dafs nicht alles, was Zelle ist, auch den Pflanzenzellen entspricht. Man müfste ein eigenes Wort für diese den Pflanzenzellen entsprechenden Zellen festsetzen, etwa Elementarzellen oder Vegetationszellen. Bei der weiteren Ausdehnung der Untersuchung fand sich nun jenes Pincip der Zellenbildung immer weiter realisirt. Die Keimhaut zeigte sich bald ganz aus Zellen gebildet, und bald fanden sich die Zellenkerne und später auch die Zellen in allen Geweben des thierischen Körpers bei ihrer Entstehung, so dafs alle Gewebe aus Zellen bestehen oder sich auf verschiedene Weise aus Zellen hervorbilden. Damit war auch der andere Beweis für die Analogie der thierischen und pflanzlichen Zellen geliefert.

Im Folgenden werde ich bei der Mittheilung der einzelnen Beobachtungen denselben Gang beibehalten und daher zunächst von der Structur und dem Wachsthum der Chorda dorsalis und der Knorpel sprechen, und im zweiten Abschnitt die Keimhaut und die übrigen Gewebe abhandeln. Leider standen mir nur erwachsene Froschlarven frisch zu Gebote, wie sie im October und November zu haben sind.

I. Abschnitt.

Ueber die Structur und das Wachsthum der Chorda dorsalis und der Knorpel.

1. Chorda dorsalis.

Die Chorda dorsalis liegt bei den Froschlarven, wie bei den Fischen in oder bei einigen unter den Körpern der Wirbel und setzt sich hinter dem Steifsbein in der ganzen Länge des Schwanzes fort. Sie ist von einer festen Scheide umschlossen und bildet einen spindelförmigen konsistent gallertartigen durchscheinenden Strang, der am Anfange des Schwanzes am dicksten ist und von da nach beiden Seiten bis zum Schädel und zur Schwanzspitze allmählig sich verschmälert. An dem frisch getödteten Thiere läfst sie sich nicht gut im Zusammenhange lostrennen, wohl aber lassen sich dann am besten feine Querschnitte derselben erhalten. Läfst man das Thier 24 Stunden oder länger nach seinem Tode in Wasser liegen und schneidet dann den Schwanz an seiner Ursprungstelle durch, so kann man die Chorda dorsalis durch leises Streichen von der Schwanzspitze oder vom Kopfe gegen die Wunde hin ohne Schwierigkeit ganz herausdrücken. Da diefs nicht gelingt, wenn man das Thier ebensolange nach seinem Tode aufser Wasser liegen läfst, so scheint die leichtere Trennbarkeit der Chorda dorsalis blofs auf einem Eindringen des Wassers zwischen sie und ihre Scheide, die festere Verbindung derselben aber im frischen Zustande nur auf einer innigern Berührung, einer Einkeilung der Chorda dor-

salis zu beruhen, nicht auf einer Gefäfsverbindung und ich vermuthe, dafs sie keine Gefäfse enthält. Mikroskopisch betrachtet zeigt sie sich, wie J. Müller bei den Fischen entdeckt hat, in ihrem Innern von einem zelligen Gefüge, aufsen mit einer verhältnifsmäfsig dünnen Rinde umgeben, die mit zerstreuten Körnern besetzt ist. Das Innere gleicht ganz dem parenchymatösen Zellengewebe der Pflanzen. Siehe Tab. I. Fig. 4. Bald erkennt man besonders an den Berührungsstellen dreier Zellen, dafs jede Zelle für sich von einer besondern Haut umschlossen ist. Die Zellen sind von sehr verschiedener Gröfse, im Allgemeinen in der Mitte am gröfsten, nach aufsen werden sie etwas kleiner. Sie haben eine unregelmäfsig polyedrische Gestalt mit meist sphärischen Flächen, die bald nach aufsen bald gegen die Zellenhöhle hin konvex sind. Ihre Wände sind sehr dünn, farblos, glatt, und fast vollkommen durchsichtig, fest und wenig dehnbar. In Aetzkali lösen sie sich sehr leicht auf. Die Rudimente der Chorda dorsalis in den kegelförmigen Zwischenräumen der Wirbel der Knorpelfische werden durch verdünnte oder konzentrirte Essigsäure nicht aufgelöst. Die Chorda dorsalis der Fische verwandelt sich nach J. Müller auch nach langem Kochen nicht in Leim. Die Zellen der Chorda dorsalis der Froschlarven enthalten in ihrem Innern eine farblose, homogene durchsichtige Flüssigkeit, die sich in der Siedhitze nicht trübt; die geringe Trübung, die man nach dem Kochen an der Chorda dorsalis sieht, scheint mehr in den Zellenwänden zu liegen, die nachher feinkörnig aussehen.

Bei der Larve von Pelobates fuscus fällt sogleich noch eine andere Bildung auf. Bei weitem die meisten dieser Zellen enthalten nämlich einen sehr deutlichen Kern. Er stellt ein etwas gelblich gefärbtes Scheibchen dar, von ovaler dem Runden sich nähernder Form, etwas kleiner als ein Froschblutkörperchen und fast eben so platt. Vergl. Tab. I. Fig. 4a, wo es aus der Chorda dorsalis einer Plötze abgebildet ist. Bei den Froschlarven ist der Kern beinahe noch einmal so grofs. Er hat einen scharfen dun-

keln Rand und sieht feinkörnig aus. In diesem Scheibchen sieht man einen, selten zwei und sehr selten drei dunkle scharf umschriebene Flecke. Er gleicht also sowohl im Ganzen wie in seinen Modifikationen durchaus dem Cytoblasten der Pflanzenzellen mit dessen Kernkörperchen und ist mikroskopisch gar nicht davon zu unterscheiden. Vergl. Tab. I. Fig. 4a. mit Tab. I. Fig. 1a. Aber auch in seiner Lage zur Zelle stimmt er mit ihm überein. Bei sehr vielen Zellen nämlich, deren vertikale Wand von oben gesehn wird, kann man sich überzeugen, dafs er dicht an der innern Wandfläche der Zelle oder selbst in der Wand eingebettet liegt. Er sieht dann aus, wie Tab. I. Fig. 1a′ nur noch etwas platter. Doch ist es mir noch nicht gelungen zu sehen, dafs eine Lamelle der Zellenwand über seine innere Fläche wegging, was man auch bei Pflanzen nur selten sieht. Untersucht man die äufsere mit zerstreuten Körnern besetzte Rinde der Chorda dorsalis von Pelobates fuscus genauer, so erkennt man, dafs diese Körner durchaus den Zellenkernen gleichen, nur etwa um die Hälfte kleiner, übrigens aber oval und mit einem Kernkörperchen versehen sind. Diese Rinde ist nicht scharf vom eigentlichen Gewebe der Chorda dorsalis getrennt und da die Zellen der letztern sich gegen die Rinde hin schnell sehr verkleinern, so glaube ich, dafs diese Körner der Rinde die Cytoblasten abgeplatteter Zellen sind, welche die Rinde bilden. Zuweilen erkennt man, wiewohl wenig deutlich bei sehr günstigem Lichte in den Zwischenräumen zwischen diesen Kernern sehr feine Linien, wo die Zellen aneinanderstofsen, wie bei dem gewöhnlichen pflasterförmigen Epithelium. Bei der chorda dorsalis der Larve von Rana esculenta wo die Kerne in den Zellen nicht deutlich sind, erkennt man auch in der Rinde diese Kerne nicht; die pflasterförmige Structur aber ist hier evident. Man mufs sich sehr hüten die Cytoblasten zu leugnen, wenn man sie nicht sogleich sieht. Sie können, wie bei den Pflanzen, so auch bei den Thieren einen Grad von Durchsichtigkeit erlangen, der ihre

Beobachtung aufserordentlich erschwert. So konnte ich sie bei den in den kegelförmigen Zwischenräumen der Wirbel befindlichen Rudimenten der Chorda dorsalis eines grofsen Cyprinus Carpio lange nicht finden, bis sie sich an einem sehr hellen Tage zwar sehr blafs aber durchaus unverkennbar und mit Gewifsheit ganz von derselben Form, wie oben beschrieben, zeigten. Schon etwas deutlicher waren sie bei Esox lucius und Cyprinus erythrophthalmus. Von dem letztern ist die Abbildung Tab. I. Fig. 4. genommen. Bei diesen Fischen sind sie aber kleiner als bei den Froschlarven.

Kehren wir aber zu unserer Larve von Pelobates fuscus zurück. Die Zellen der Chorda dorsalis liegen hier so dicht aneinander, dafs die Wände zweier benachbarten Zellen sich unmittelbar berühren. Selbst wenn drei oder mehrere Zellen zusammenstofsen, ist diefs meistens so innig, dafs man nur die sich berührenden Wände bemerkt. Zuweilen jedoch bleibt in diesem Falle ein kleiner Zwischenraum, der gröfser ist, als dafs er durch die unverdickte Zellenwand ausgefüllt werden könnte: und hier zeigt sich dann wie bei den Pflanzen eine Art (scheinbarer oder wirklicher?) Interzellularsubstanz oder ein Interzellulargang. Was die letztern betrifft, so sieht man wenigstens zuweilen, obwohl selten, in einem solchen Falle von Aneinanderstofsen dreier Zellen auf einem frischen Querschnitte die Zellenwände sowohl nach der Zelle hin als nach aufsen scharf begrenzt, und zwischen ihnen einen kleinen dreieckigen Zwischenraum, der von einer durchsichtigen Flüssigkeit (nicht von Luft) oder wenigstens von einer Substanz gefüllt wird, die das Licht anders bricht als die Zellenwände selbst. Ganz so, wie es Tab. I. Fig. 1c. von der Zwiebel abgebildet ist.

Innerhalb der Zellen der chorda dorsalis bilden sich frei schwimmend junge Zellen, wie bei den Pflanzen. Sie sind indessen bei den Froschlarven so durchsichtig, dafs man sehr gute Instrumente und sehr gutes Licht braucht um sie zu sehen. Auch ist die Zahl der Zellen, in denen

sich neue bilden, bei den Larven wenigstens, wie sie im Spätherbst zu haben sind, nicht grofs. Bei den oben erwähnten Cyprinus-Arten und auch bei andern Fischen sind sie aber leicht zu sehen und in grofser Zahl. Sowohl hier als auch schwieriger bei den Froschlarven erkennt man in der Höhle vieler Zellen Bläschen von sehr verschiedener Gröfse, von denen bald ein einzelnes den gröfsten Theil der Höhle ausfüllt, bald mehrere in Einer Zelle liegen. Tab. I. Fig. 4 b b c. Sie sind gewöhnlich ganz rund; nicht selten stofsen aber auch zwei zusammen und sind gegeneinander abgeplattet. Dafs sie frei in der Zelle liegen geht daraus hervor, dafs sie sich ohne zu zerreifsen isoliren lassen. Zerrt man nämlich ein Stückchen der Chorda dorsalis in kleinere, legt ein dünnes Glasplättchen mit Wasser darauf und schiebt diefs einige Mal leise ein wenig hin und her, so gelingt es oft nachher auf dem Sehfeld einige solche Bläschen isolirt zu zu treffen. Man kann sie dann rollen lassen und sich von ihrer Kugelgestalt überzeugen. Viele Mühe habe ich mir gegeben in ihrer Wand den Kern zu entdecken aber ohne Erfolg. Bei den jungen Zellen der Chorda dorsalis der oft erwähnten Froschlarven hat es oft, so lange die Zelle nicht isolirt ist, das Ansehen als ob die junge Zelle auch einen Kern hätte; allein hier ist eine Täuschung sehr leicht möglich, indem ein solcher Kern einer darunter oder darüber liegenden Zelle angehören kann. Auch mufs man sich hüten eine beim Durchschnitt in die Chorda dorsalis hineingeschlüpfte kugelige Epithelium-Zelle für eine Zelle der Chorda dorsalis zu halten. An isolirten jungen Zellen derselben habe ich noch keinen Kern, wenigstens nicht von der charakteristischen Form mit Zuverlässigkeit beobachten können. In seltenen Fällen lag ein sehr kleines Körperchen (d d der Figur) an der innern Fläche der jungen Zelle an. Ob wirklich kein Kern vorhanden oder ob er blofs seiner Durchsichtigkeit wegen nicht sichtbar ist, oder ob diese Körperchen sich zum Kern entwickeln, mufs dahin gestellt bleiben. Darin

stimmt wenigstens die Chorda dorsalis mit den Pflanzenzellen überein, dafs junge Zellen innerhalb der alten entstehen.

Was die Verdickung der Zellenwände anbelangt, so scheint bei der Chorda dorsalis der Froschlarven die Zellenwand immer einfach zu bleiben. Aber bei den erwachsenen Knochenfischen z. B. bei Cyprinus zeigt sich eine solche und zwar in den Zellen, die in der Nähe der Achse der kegelförmigen Zwischenräume der Wirbel liegen. Die Zellenhöhlen werden durch diese Verdickung der Wände immer kleiner. Die verdickten Wände oder die Zwischensubstanz zwischen den Zellenhöhlen bestehen aus dicht zusammenhängenden Längsfasern, zwischen denen sich auch zuweilen sehr feine Querfasern zeigen. Die Längsfasern laufen ununterbrochen an mehrere Zellen vorbei; die ursprüngliche Membran jeder Zelle läfst sich nicht mehr unterscheiden.

Um die Untersuchungen über die Chorda dorsalis zusammenzufassen, kann man also sagen: Sie besteht aus polyedrischen Zellen, die in oder an ihrer innern Wandfläche ein mit dem Pflanzenzellenkern in seiner Form und Lage übereinstimmendes Gebilde haben, nämlich ein ovales plattes Scheibchen, welches ein, zwei oder sehr selten drei Kernkörperchen enthält. Die Zellen stofsen gewöhnlich dicht aneinander. Zuweilen aber kommt an Stellen, wo drei oder mehrere Zellen zusammenstofsen eine Art Intercellularsubstanz oder ein Intercellulargang vor. Innerhalb der Zellen bilden sich neue, die Anfangs rund sind und frei in der Mutterzelle schwimmen. Kerne von der charakteristischen Form wurden in diesen nicht mit Bestimmtheit beobachtet, zuweilen aber lag ein kleines Kügelchen an der Innenfläche der jungen Zellen an. Bei den Zellen, die sich weiter entwickeln, verschwindet die Zellenmembran als etwas Selbstständiges und die Zwischensubstanz zwischen den Zellenhöhlen, besteht gröfstentheils aus Längsfasern.

Mit Ausnahme der Bildung dieser Fasern, deren Ent-

stehung ich noch nicht untersucht habe, und des Mangels der Kerne an den jungen Zellen stimmt das Uebrige ganz mit den Pflanzenzellen. Es mufs unentschieden bleiben, ob bei diesen jungen Zellen der Kern wirklich fehlt, wie er ja auch nicht bei allen Pflanzen (z. B. vielen Akotyledonen) nachgewiesen ist, oder ob das kleine Körperchen, welches an der Innenfläche einiger jungen Zellen vorkommt, der Kern ist, der mit der Zelle wächst, wie diefs an andern Thierzellen sich zeigen läfst, oder ob der Kern an den jungen Zellen seiner Durchsichtigkeit wegen nicht sichtbar ist, indem auch erwachsene Zellen vorkommnn, wo er zwar bestimmt in derselben Form vorhanden, aber seiner Durchsichtigkeit halber auf der Grenze der Sichtbarkeit steht.

2. Knorpel.

Wichtiger für die ganze thierische Organisation ist die Uebereinstimmung der Structur der Knorpel mit dem Pflanzengewebe. Wir haben es hier nicht nur mit einem weiter verbreiteten thierischen Gewebe zu thun, sondern auch mit einem solchen, welches wenigstens in seinen spätern Entwicklungsstufen Gefäfse enthält, daher entschiedener den Charakter eines thierischen Gewebes trägt. Die einfachste Form der Knorpel zeigt sich in den Knorpeln der Kiemenstrahlen der Fische. Löst man z. B. bei einer Plötze einen Kiemenstrahl von dem Kiemenbogen, entfernt durch leises Streichen die Schleimhaut, so stellt der übrig bleibende Knorpel ein Stäbchen dar, welches von seiner Insertionsstelle an dem Kiemenbogen gegen seine freie Spitze hin sich verschmälert, seitlich ein wenig zusammengedrückt ist und an seinen seitlichen Rändern einige stumpfe Vorsprünge zeigt. Die Structur dieser Knorpel ist sehr einfach. An der Spitze gleicht sie in ihrem Totalanblick ganz dem parenchymatösen Pflanzenzellgewebe. S. Tab. I. Fig. 5. von einer Plötze. Man sieht kleine polyedrische dicht aneinander liegende Zellenhöhlen mit abgerundeten Ecken. Die Zellenhöhlen werden durch äufserst dünne Scheidewände von einander getrennt. Der Zellen-

inhalt ist durchsichtig und läfst an einigen Zellen schon im frischen Zustande, an anderen erst nach der Einwirkung von Wasser einen kleinen blassen runden körnigen Kern (a) erkennen. Die Structur der seitlichen Vorsprünge des Knorpels ist dieselbe wie in der Spitze, nur dafs die Zellen ein wenig in die Länge gezogen sind. Rückt man nun von da gegen die Mitte fort, oder noch besser rückt man von der Spitze gegen die Wurzel des Kiemenstrahls fort, so sieht man, dafs allmählich die Zwischenwände der Zellenhöhlen immer dicker werden; die Höhlen sind hier etwas kleiner. Tab. I. Fig. 6. An den verdickten Zellenwänden kann man nun auch unterscheiden, dafs die Zwischensubstanz der Zellenhöhlen nicht einfach ist, sondern aus den besondern Wänden der aneinanderstofsenden Zellen zusammengesetzt ist. Jede Zellenhöhle nämlich zeigt sich mit einem dicken Ring, ihrer eigenthümlichen Wand, umgeben, dessen äufsere Kontur bald mehr bald weniger deutlich ist, in dem Präparate, wovon die Abbildung genommen ist, stellenweise eben so deutlich war, wie die innere Kontur. Zwischen zwei Zellen fliefsen diese äufseren Konturen zu Einer Linie zusammen, laufen aber auseinander, wenn die Berührung der Zellenwände aufhört, so dafs oft ein drei oder viereckiger mit einer gleichen Substanz ausgefüllter Zwischenraum c, eine Art Intercellularsubstanz, zwischen den Zellenwänden übrig bleibt. In den verdickten Zellenwänden liefs sich weiter keine Structur, keine Schichtung und kein Unterschied zwischen primärer Zellenmembran und sekundärer Ablagerung beobachten. Der Zelleninhalt bleibt auch bei der Verdickung der Wände klar. Rückt man noch weiter gegen die Wurzel des Kiemenstrahls fort, so hört die Unterscheidbarkeit der besonderen Zellenwände gröfstentheils oder ganz auf und es bleibt nur das Ansehn einer homogenen Substanz übrig, in der nur einzelne kleine Höhlen vorkommen. Tab. I. Fig. 7. Nur um einzelne Zellenhöhlen sieht man einen Ring als Spur der eigenthümlichen Zellenwand. Fig. 7b. Dieser Ring ist gewöhnlich ziemlich

dünn, so daſs nicht die ganze Zwischensubstanz der Zellenhöhlen von den Zellenwänden gebildet sein kann, sondern die Intercellularsubstanz, die in der Mitte des Kiemenstrahls nur sehr gering war, hier wesentlich zur Bildung der Knorpelsubstanz beiträgt und häufig die unmittelbare Berührung der Zellenwände ganz verhindert. Diese Intercellularsubstanz scheint aber mit der Substanz der Zellenwand homogen und flieſst an den meisten Stellen mit den Zellenwänden zusammen. Die Zellenhöhlen, die hier durchsichtig und ohne körniges Contentum sind, sind nun die Knorpelkörperchen.

Der Bildungsprozeſs des Knorpels ist hier also folgender. Er besteht ursprünglich aus dicht aneinanderliegenden Zellen, von denen aber jede ihre besondere sehr dünne Zellenmembran hat. Dieſs folgt 1) aus der Uebereinstimmung des jüngsten Knorpels mit dem Pflanzenzellgewebe in seinem Totalanblick; 2) aus der Anwesenheit des Zellenkerns in den jungen Knorpelzellen, eines Gebildes, welches, wie wir später sehen werden, an der bei weitem gröſsten Zahl der Zellen, die sich bei andern Geweben nachweisen lassen, vorkommt; 3) aus den bei den verdickten Zellenwänden oft deutlich erkennbaren getrennten Zellenwänden. Diese Zellenwände liegen entweder dicht aneinander oder nur mit einer Spur von Intercellularsubstanz, oder die Menge der Intercellularsubstanz ist gröſser, so daſs sie die Berührung der einzelnen Zellenwände ganz verhindert. Die Wände dieser Anfangs sehr dünnhäutigen Zellen verdicken sich. Die Höhlen der Zellen mit verdickten Wänden in der Mitte des Kiemenstrahls sind zwar kleiner, als die mehr nach auſsen gelegenen Zellenhöhlen mit weniger verdickten Wänden. Es ist aber ungewiſs, ob dieſs durch eine Verdickung der Zellenwand nach innen hervorgebracht wird, oder ob nicht vielmehr diese Zellen in ihrer Uranlage kleiner waren. An diesen Verdickungen läſst sich keine Schichtung, noch eine Verschiedenheit von der unsprünglichen Zellenmembran erkennen. Die verdickten Zellenwände flieſsen zuletzt unter einan-

der oder mit der Intercellularsubstanz zu einer homogenen Substanz zusammen, in der nur die Zellenhöhlen als einzelne kleine mit einer durchsichtigen Substanz gefüllte Höhlen erkennbar bleiben, und diese Zellenhöhlen sind die Knorpelkörperchen.

Die Manichfaltigkeit der Form, welche die Knorpelkörperchen oft zeigen, kann hier nicht irre machen; denn wenn man die Kiemenstrahlen eines sehr grofsen Hechtes untersucht, so kann man den allmählichen Uebergang verfolgen von den dünnwändigen fast kugeligen Zellen zu den verschiedensten Formen, wo die lang gezogenen Reste der Zellenhöhlen dem Knorpel fast ein faseriges Ansehen geben.

Dieser höchst einfache Prozefs der Knorpelbildung wiederholt sich in allen Knorpeln, jedoch mit nicht unbedeutenden Modifikationen. Diese Modifikationen, deren Grundtypus schon an den beschriebenen Knorpeln der Kiemenstrahlen der Fische angedeutet ist, beziehen sich hauptsächlich darauf, ob die Zwischensubstanz der Zellenhöhlen oder Knorpelkörperchen vorzugsweise von den verdickten Zellenwänden oder von der Intercellularsubstanz gebildet wird. Wir haben gesehen, dafs in der Mitte der Kiemenstrahlen der Fische diese Zwischensubstanz fast nur von den verdickten Zellenwänden mit einem Minimum von Intercellularsubstanz gebildet wurde, dafs an der Wurzel derselben, also bei dem zuerst gebildeten Knorpel, die Intercellularsubstanz überwog, und die weniger verdickten Zellenwände weniger zur Bildung der eigentlichen Knorpelsubstanz beitrugen. Bei den meisten ossifizirenden Knorpeln, und namentlich bei den Knorpeln der höheren Thiere, scheinen nun die Wände der Zellen wenig oder gar nichts zur Bildung der Knorpelsubstanz beizutragen. Eine Verdickung der Zellenwände habe ich bei Säugethierknorpeln noch nicht beobachtet, und die Knorpelkörperchen scheinen hier die ganzen Zellen zu sein. Sie haben, wie die meisten Zellen, an ihrer inneren Wandfläche einen Kern, der gewöhnlich noch ein oder zwei Kernkörperchen enthält. Ich habe indessen

die Knorpel der höheren Thiere von dem dieser Abhandlung zu Grunde liegenden Gesichtspunkte aus weniger untersucht, und mich vorzugsweise an die Kiemen- und Schädelknorpel der Froschlarven gehalten, wo die Gröfse der Zellen die Untersuchung sehr erleichtert.

Die Knorpel der Kiemenbogen der Froschlarven bestehen eben so wie die Knorpel der Kiemenstrahlen der Fische aus Zellen, die aber weit gröfser sind als bei den Fischen, aber kleiner als die Zellen der chorda dorsalis, mit denen sie sonst in ihrem Totalanblick viele Aehnlichkeit haben. Die Zwischenwände der Zellen sind dicker, als bei der chorda dorsalis, im Vergleich mit der Zellenhöhle aber noch dünn zu nennen. Siehe Tab. I. Fig. 8. Betrachtet man die Zellenwände genauer, so sieht man, dafs gewöhnlich je zwei, drei oder vier Zellenhöhlen näher aneinanderliegen, durch weniger dicke Wände von einander, aber durch eine gemeinsame dickere Wand von den übrigen Zellen getrennt. Diefs kann entweder daher rühren, dafs sich je zwei bis vier Zellen in einer gröfsern Zelle, deren Wände schon verdickt waren, entwickelt haben oder daher, dafs je zwei bis vier Zellen in einer solchen wechselseitigen Einwirkung aufeinanderstehen, dafs die Verdikkung der Zellenwände am stärksten an den Stellen vor sich geht, wo sie sich nicht einander berühren. Eine solche blofs einseitige Verdickung der Zellenwände kommt auch bei den Pflanzenzellen z. B. bei der Bildung der Cuticula vor. Da ich keine ganz jungen Froschlarven hatte, so liefs sich die Sache nicht bestimmt entscheiden. Die verschiedene Entwicklung der Intercellularsubstanz zwischen den Zellen scheint hier nicht die Ursache der unregelmäfsigen Vertheilung der Zellenhöhlen in der Knorpelsubstanz zu sein. Denn an Stellen, wo drei dieser vermutheten Mutterzellen zusammenstofsen, erkennt man oft noch die Scheidungslinien dieser Zellen oder ihre äufsern Konturen angedeutet, die zuweilen einen ganz kleinen dreieckigen Zwischenraum lassen, der aber von einer ähnlichen Substanz ausgefüllt wird, wie die, woraus die Zellenwand be-

steht. Siehe Tab. I. Fig. 8 a. Diese Andeutung der ursprünglichen Konturen beweist, dafs die Zellen dieser Knorpel nicht blofse Aushöhlungen der Substanz, sondern von einer besondern Wand umschlossene Höhlen sind. Diese Zellenwände befinden sich aber nicht mehr in ihrem ursprünglichen Zustande, sondern sind offenbar schon verdickt. In diesen verdickten Zellenwänden bemerkt man an vielen Stellen einige parallele Linien und man könnte auf die Vermuthung kommen, dafs hier die Verdickung wirklich durch eine schichtenweise Ablagerung der Substanz auf der innern Fläche der Zellenwand bewirkt werde. Man mufs hierbei aber bedenken, dafs jede Zwischenwand zweier Zellen schon aus zwei Schichten bestehen mufs, wovon jede der Wand der entsprechenden Zelle entspricht. Da eine solche anscheinende Schichtung nur in den dicken Wänden zwischen zwei Zellengruppen vorkommt und diese Gruppen vielleicht dadurch entstehn, dafs sich zwei bis vier Zellen in Einer Mutterzelle gebildet haben, so mufs, diefs vorausgesetzt, jede Hälfte der Zwischenwand zweier Gruppen wieder aus zwei Schichten bestehn, von denen die eine der Wand der Mutterzelle, die andere der Wand der sekundären Zelle entspricht, so dafs also jede Zwischenwand zweier Gruppen aus vier Schichten bestehn mufs. Wenn es nun zwar auch scheint, dafs mehr Schichten vorhanden sind, so mufs ich doch bemerken, dafs diese Beobachtungen zum Beweise eines für den Ernährungsprozefs so wichtigen Faktums bei weitem nicht überzeugend genug sind, und dafs ich die schichtenweise Ablagerung der Substanz dadurch nicht erwiesen glaube, ja nicht einmal für wahrscheinlich halte. Jenes Phänomen kann vielleicht eine optische Täuschung sein. Wie oben erwähnt, wurde bei den Knorpeln der Kiemenstrahlen der Fische kein Unterschied zwischen primärer Zellenmembran und sekundärer Verdickung gefunden, sondern es schien eine wirkliche Verdickung der Zellenmembran statt zu finden. Bei den Kiemenknorpeln der Froschlarven ist ebenfalls kein solcher Unterschied zu bemerken.

Nimmt man die oben beschriebenen Zellengruppen als dadurch entstanden an, dafs sich sekundäre Zellen in einer primären Mutterzelle gebildet haben, so haben sich doch nicht in allen primären Zellen sekundäre entwickelt, die die Mutterzelle vollständig ausfüllen, sondern bei der Larve von Pelobates fuscus fallen in den Kiemenknorpeln sogleich einzelne Zellen auf, die etwas gröfser sind als die sekundären Zellen, aber kleiner als die übrigen primären Zellen, und sich auch, wie wir sogleich sehen werden, durch ihren Inhalt auszeichnen.

Die Zellen der Kiemenknorpel der Larve von Pelobates fuscus enthalten nämlich in ihrem Innern einen oder mehrere Kerne. Fig. 8d. Diese Kerne, die sich leicht isoliren lassen, sind wenig oval oder vollkommen kugelrund, bald mehr bald weniger granulös und gelblich und wie es scheint, hohl. Sie enthalten in sich einen oder zwei sehr distinkte runde dunkle Kernkörperchen, welche im Innern derselben dicht an ihrer Wand oder doch in deren Nähe liegen. Die Kerne scheinen wenigstens zum Theil frei in der Zellenhöhle zu liegen, da sie sich leicht isolirt erhalten lassen. Die oben erwähnten primären Zellen der Larven von Pelobates fuscus, in denen sich keine die Mutterzelle ganz ausfüllende sekundäre Zellen entwickelt haben, enthalten gewöhnlich auch mehrere solche Kerne, und aufserdem eine oder mehrere junge Zellen. Solche junge Zellen sind Tab. I. Fig. 8 f f. aus den Kiemenknorpeln der Larve von Rana esculenta abgebildet. Es sind runde Bläschen, die an der innern Fläche ihrer Wand, niemals central, einen Kern enthalten ganz von derselben Form und Gröfse wie die freiliegenden Kerne. Nie fehlt in den jungen Zellen dieser Kern. Die Zellen aber sind verschiedener Gröfse, einige kaum gröfser als der in ihnen enthaltene Kern, andere zwei bis dreimal im Durchmesser gröfser. Gewöhnlich liegen in einer solchen primären Zelle ein bis drei solcher jungen Zellen von verschiedener Entwicklungsstufe, und zuweilen platten sie sich wegen Mangels an Raum in der Zelle ab. In den Kiemenknor-

peln der Larve von Rana esculenta enthalten, wie die Figur zeigt, die meisten sekundären Zellen solche junge Zellen und nur wenige bloſse Kerne, ja in einigen dieser jungen Zellen kommt noch ein zweiter etwas blasserer Kern vor. Diese jungen Zellen liegen frei in der Mutterzelle und lassen sich auf dieselbe Weise isolirt erhalten, wie es bei der chorda dorsalis angegeben wurde. Sie scheinen Anfangs vollkommen durchsichtig zu sein; allmählig aber erhalten sie ein körniges gelbliches Ansehn und merkwürdig ist, daſs dieser gelbliche Niederschlag sich gewöhnlich oder immer zuerst in der Umgebung des Kernes bildet.

Das Vorkommen bloſser Kerne, das Vorkommen von Zellen, die einen Kern von derselben Gestalt und Gröſse an ihrer innern Wandfläche enthalten und nur wenig gröſser sind als der Kern und die Beobachtung aller Uebergangsstufen bis zu den Zellen, die vielmal gröſser sind als der Kern, gewähren ein vollständiges Bild der Entwicklung der Zellen, die mit der Entwicklung der Pflanzenzellen übereinstimmt. Es sind zuerst bloſse Kerne da. Wenn diese ihre vollständige Gröſse erreicht haben, so bildet sich um sie, und sie enge umschlieſsend, die Zelle; diese dehnt sich immer mehr aus und der Kern bleibt lange Zeit unverändert in Form und Gröſse an ihrer innern Wandfläche anliegen. Es sind nämlich folgende drei Fälle denkbar: entweder die Zelle entwickelt sich zuerst und nachher der Kern oder beide entwickeln sich gleichzeitig oder der Kern entwickelt sich zuerst und um ihn die Zelle. Das Erste, daſs die Zellen sich früher entwickeln als die Kerne, ist nicht möglich, weil man dann Zellen auf einer gewissen Entwicklungsstufe ohne Kerne finden müſste. Die gleichzeitige Entwicklung einer Zelle mit ihrem Kern als zwei unterscheidbarer Gebilde ist ebensowenig möglich, weil man dann die Entwicklungsstufen beobachten müſste, wo Zelle und Kern noch nicht die Gröſse der gewöhnlichen Kerne haben. Denkbar wäre indessen hier der Fall, daſs Kern und Zelle sich zwar

gleichzeitig entwickeln, aber die Zelle bis zur vollständigen Entwicklung des Kerns diesen so dicht umschliefst, dafs sie als etwas Getrenntes nicht unterschieden werden kann. Diese Erklärung ist sowohl bei den Knorpeln als bei den Pflanzenzellen möglich, läfst sich aber solange nicht behaupten, als nicht die Duplicität der Wand des Kerns nachgewiesen ist. Wollen wir nicht über die Beobachtung hinausgehn, so bleibt uns nur der dritte Fall übrig, dafs der Kern zuerst da ist und sich um ihn die Zelle bildet. Diese Bildung der Zelle um den Kern kann dann entweder so erklärt werden, dafs der Kern gleich bei seiner Bildung eine doppelte Wand hat, von denen, wenn der Kern eine bestimmte Gröfse erreicht hat, sich die äufsere zu einer Zelle ausdehnt oder, was wahrscheinlicher ist, auf einer gewissen Entwicklungsstufe des Kerns spaltet sich seine Wand in zwei Lamellen oder es kondensirt sich auf seiner äufsern Fläche eine neue Schichte festerer Substanz und entweder diese äufsere Lamelle oder diese neue Schichte dehnt sich zur Zelle aus. Jedenfalls stimmen die Beobachtungen über die Entstehung der jungen Zellen in den Knorpeln mit den Beobachtungen von Schleiden über die Entstehung der Pflanzenzellen überein. Auch darin liegt eine Uebereinstimmung, dafs sich jüngere Zellen in den schon gebildeten Zellen entwickeln. Ich will nicht behaupten, dafs diese jungen Zellen wirklich Knorpelzellen sind; allein darin liegt auch nicht die Uebereinstimmung, sondern blofs in der Entwicklung von Zellen in Zellen. Stimmten bei den Phanerogamen, wo sich nach Schleiden nur Zellen in Zellen bilden, die jungen Zellen immer mit den alten überein, so könnte nie eine Differenz in den Zellen zu Stande kommen *). Bei

*) Diese Bemerkung gilt für den ganzen Aufsatz. Ueberall, wo von jungen Zellen gesprochen wird, ist darin der Begriff nicht eingeschlossen, dafs diese Zellen dieselbe Bedeutung wie die Mutterzellen haben, d. h. bei weiterem Wachsthum Knorpelsubstanz u. s. w. bilden würden. Es soll dadurch nur das Ver-

den Knorpeln entwickeln sich die jungen Zellen aus den Kernen erst dann, wenn diese ihre gewöhnliche Gröfse erreicht haben. Es liegt aber nichts Widersprechendes darin und läfst sich an andern thierischen Geweben nachweisen, dafs auch die Kerne noch eine Zeit lang mit den Zellen, aber schwächer als diese, wachsen können. Die Zellen dehnen sich nun immer mehr und manchmal so weit als der Raum der Mutterzelle oder anstofsende junge Zellen es gestatten, aus, und platten sich, wo sie ein Hindernifs finden, ab. Die Uebereinstimmung der Form der jungen Knorpelzellen und der jungen Pflanzen-Zellen zeigt sich in einen Vergleich von Tab. I. Fig. 8 f. mit Fig. 2 b.

Die eigentlichen Knorpelzellen, welche entweder selbst die Knorpelkörperchen sind, oder deren Höhlen, wenn ihre Wände verdickt und unter einander und mit der Intercellularsubstanz verschmolzen sind, die Knorpelkörperchen darstellen, scheinen ebenfalls aus Kernen zu entstehen, wie wenigstens aus dem wie es scheint konstanten Vorkommen der Kerne in den jungen und meistens auch in den mehr erwachsenen Knorpeln, selbst der Säugethiere, wahrscheinlich wird. Später wird, wie bei den Pflanzen so auch hier, der Kern meistens resorbirt. Bei den Knorpeln der Kiemenstrahlen der Fische zeigen sich nach der Einwirkung des Wassers die Kerne nur in den jungen Zellen, seltener in denen, wo die Wände schon sehr bedeutend verdickt sind. Bei den Kiemenknorpeln der Froschlarven sieht man in vielen Zellen einen kleinen Kern mit zerrissenen Konturen, welches wahrscheinlich der in der Resorption begriffene Cytoblast dieser Zelle ist. Diese Cytoblasten der eigentlichen Knorpelzellen liegen, auch wenn die Wand der Zelle verdickt ist, immer in der Höhle der Zelle, ohne dafs sich unterscheiden läfst,

hältnifs zu den Mutterzellen ausgedrückt werden, worauf es hier allein ankommt. In diesem Sinne bleiben sie junge Zellen, wenn sich auch Fett oder sonst etwas darin bildet.

ob er noch mit der Wand zusammenhängt oder frei liegt. Hiervon ist eine doppelte Erklärung möglich; entweder der Cytoblast trennt sich nach vollendeter Bildung der Zellenmembran von der Wand und fällt frei in die Zellenhöhle, wie es auch bei den Pflanzen geschieht, und nun erst tritt eine sekundäre Ablagerung von Substanz auf die Zellenwand ein, oder die Verdickung der Zellenwand ist eine wirkliche Verdickung der ursprünglichen Zellenmembran und so wird der Kern nach innen geschoben und kann mit der Wand in Verbindung bleiben. Träte eine sekundäre Ablagerung von Substanz auf der Zellenmembran ein, bevor sich der Kern von ihr gelöst hat, so müfste der Kern in der verdickten Wand eingeschlossen sein, nicht in der Zellenhöhle liegen. Man sieht aus der Möglichkeit dieser beiden Erklärungen, dafs sich aus der Lage des Cytoblasten kein Schlufs darüber ziehen läfst, ob die Verdickung der Zellenwand eine sekundäre Ablagerung oder eine wirkliche Verdickung der Zellenmembran ist. Wenn in Einer Knorpelzelle mehr als Ein Kern vorkommt, so sind die übrigen oder wenn der Cytoblast der Zelle resorbirt ist, alle diese Kerne wahrscheinlich die Grundlage neuer Zellen, die aber nicht zur Entwicklung gekommen sind. Dasselbe zeigt sich oft bei den Pflanzen. Die Mehrzahl dieser Kerne hat bei den Kiemenknorpeln der Froschlarven dieselbe Gröfse; viele, wahrscheinlich noch nicht vollkommen ausgebildete, sind kleiner. Es kommt hier aber auch vor, dafs sich ein Kern sehr bedeutend, um das Drei- bis Vierfache ausdehnt. Man könnte solche Kerne für junge Zellen ohne Kerne halten. Allein sie sind an ihrem Habitus bald erkennbar. Sie sind durchsichtiger und zarter und zeigen deutlich ein oder zwei Kernkörperchen, die sehr deutlich an ihnen sichtbar und, wenn ihrer zwei sind, weiter auseinandergerückt sind. Eine solche bedeutende Vergröfserung des Kerns kommt nach Schleiden auch bei den Pflanzen vor und es ist diefs eine auffallende Uebereinstimmung in, wie es scheint, sehr unwesentlichen Sachen. Es scheint eine Art Abortus

des Kerns zu sein; denn noch nie sah ich um einen solchen Kern sich eine Zelle bilden.

Bei den Kiemenknorpeln der Froschlarven sahen wir die äufsern Konturen der Wände einzelner Zellen noch spurweise erkennbar und die Wände im Verhältnifs zur Zellenhöhle noch wenig verdickt. Untersucht man nun die Schädelknorpel derselben Larven von gleichem Alter, so ist der Knorpelbildungsprozefs schon weiter fortgeschritten. Die Zellenhöhlen sind kleiner, es zeigt sich ein weit gröfserer Zwischenraum zwischen den Zellenhöhlen und dieser Zwischenraum oder die eigentliche Knorpelsubstanz bildet eine homogene Masse. Siehe Tab. I. Fig. 9. Es ist offenbar derselbe Prozefs, der sich bei den Kiemenstrahlen der Fische an demselben Knorpel nachweisen liefs, wenn man das Präparat von der Spitze des Kiemenstrahls gegen seine Wurzel hin untersuchte (Vergl. Tab. I. Fig. 5—7.). Die Zellenwände haben sich entweder mehr verdickt oder die Interzellularsubstanz hat zugenommen. Die Zellenhöhle ist entweder dadurch verengt worden oder war ursprünglich enger, und endlich sind die Wände der verschiedenen Zellen unter einander und mit der Intercellularsubstanz verschmolzen. In der That denkt man sich, dafs diese bei den Fischen nachgewiesenen Prozesse an den Kiemenknorpeln Tab. I. Fig. 8. vor sich gingen, so würde man die Schädelknorpel dieser Larven Tab. I. Fig. 9. erhalten. Der Unterschied in der Dicke der Wände an verschiedenen Seiten Einer Zelle, ist auch hier noch erkennbar. Die einzelnen Reste der Zellenhöhlen liegen gruppenweise zusammen und die dicken Wände, wodurch schon bei den Kiemenknorpeln eine Gruppe von der andern getrennt wurde, sind bei den Schädelknorpeln vorzugsweise verdickt, während die Scheidewände Einer Gruppe oft nur wenig verdickt sind. So ist namentlich der Uebergang der Gruppe b Fig. 8. in die Gruppe a Fig. 9. sehr auffallend; es fehlt in der letztern nur, dafs sich in den Zellenhöhlen keine junge Zellen entsprechend den Zellen f

Fig. 8. entwickelt haben, sondern blofse Kerne da sind entsprechend d Fig. 8. Ob und wie viel die Verdickung der Zellenwände und wie viel die Intercellularsubstanz hier zur Bildung der Zwischensubstanz zwischen den Zellenhöhlen beigetragen hat, läfst sich nicht unterscheiden. Wie aber bei den Kiemenknorpeln primäre Zellen vorkommen, die nur lose, die Höhle nicht ganz ausfüllende, junge Zellen enthalten, z. B. Fig. 8 i, so scheint diefs auch bei den Schädelknorpeln vorzukommen Fig. 9 b. Doch ist dieser Fall selten ganz deutlich und über allen Zweifel erhaben. Auffallend ist nun die Aehnlichkeit der Gruppe a Fig. 9. mit Tab. I. Fig. 3. wo sich bei einer Pflanze 4 junge Zellen in Einer Mutterzelle entwickelt haben und die verdickten Wände derselben untereinander und mit den Wänden der Mutterzelle verschmolzen sind, so dafs nur die vier Höhlen in einer gleichartigen Substanz übrig bleiben. Die Reste der Zellenhöhlen der Schädelknorpel sind mit einer körnigen gelblichen Substanz ausgefüllt, in der ein oder mehrere Kerne oder junge mit einem Kern versehene Zellen liegen, und diese Reste der Zellenhöhlen sind die von Purkinje entdeckten Knorpelkörperchen.

Die Knorpelkörperchen sind also im Allgemeinen entweder die eigentlichen Knorpelzellen selbst oder blofs ihre Höhlen: das erstere dann, wenn die Wände der Knorpelzellen sich nicht verdicken und mit der Intercellularsubstanz nicht verschmelzen, das zweite dann, wenn eine solche Verdickung und Verschmelzung der Zellenwände eintritt. Ob das Erstere, das Persistiren getrennter Zellenwände, als etwas Bleibendes vorkommt, davon bin ich nicht ganz überzeugt. Die Knorpelkörperchen als Zellen oder Zellenreste enthalten zunächst ihren eigenthümlichen Kern oder Cyloblasten. Dieser wird entweder später resorbirt oder dauert rudimentär selbst noch nach der Verknöcherung fort, so dafs man nach dem Ausziehen der Kalkerde mit Salzsäure noch eine Spur desselben sieht. Häufig, besonders in nicht verknöcherten Knorpeln, bilden

sich in den Zellenhöhlen oder Knorpelkörperchen noch ein oder mehrere Kerne, und zuweilen bilden eine oder mehrere derselben um sich junge Zellen, die in der Höhle des Knorpelkörperchens liegen und diese zum Theil oder ganz ausfüllen. Die Knorpelkörperchen liegen entweder gleichmäfsig durch die Knorpelsubstanz zerstreut, oder gruppenweise zu zwei bis vier zusammen. Von der letzten Anordnung ist es nicht ganz klar, ob sie durch Entwicklung jeder Zellengruppe in einer Mutterzelle, oder durch unregelmäfsige Verdickung der Zellenwände nach verschiedenen Seiten hin hervorgebracht wird, oder ob die Intercellularsubstanz wesentlichen Antheil daran hat. Die Knorpelkörperchen liegen um so dichter zusammen, je jünger der Knorpel ist. Ob mit der Zunahme der eigentlichen Knorpelsubstanz zwischen den Knorpelkörperchen eine Verkleinerung dieser verbunden ist, ist für die Fälle, wo eine Verdickung der Zellenwände statt findet, nicht ausgemacht. Bei den verknöchernden Knorpeln der Säugethiere scheint eine solche Verkleinerung nicht statt zu finden.

Die bisher beschriebenen Prozesse der Knorpelbildung gehn, wie es scheint, vor sich, ohne dafs Gefäfse in dem Knorpel sind; wenigstens findet diefs bei dünnen Knorpeln Statt, zu denen wahrscheinlich die Blutflüssigkeit aus den Gefäfsen der benachbarten Gewebe dringen kann. Denn an den Kiemenstrahlen der Fische z. B. konnte ich keinen Raum finden, wo sich Gefäfse hätten befinden können, da überall blofs Knorpelmasse und Knorpelkörperchen waren, und keine Kanälchen, in denen Gefäfse hätten verlaufen können. Ueber die Entstehung der Markkanälchen und der konzentrischen Schichten in den ossifizirenden Knorpeln habe ich noch keine Untersuchungen angestellt. Aus den pag. 23 erwähnten sich besonders auszeichnenden Zellen mögen vielleicht später die Höhlen der Knorpel entstehn.

Die Knorpel des Fötus stimmen chemisch nicht ganz mit den Knorpeln des Erwachsenen überein, indem sie

beim Kochen nur sehr schwer eine wenig leimartige Substanz, aber keinen gelatinirenden Leim geben. Von mehreren Schweineembryonen, die von der Schnauzenspitze bis zur Schwanzwurzel 3½ Zoll maſsen, wurden einige nicht ossifizirte Knorpel, nämlich einige Apophysen der Schenkelknochen und der knorpelige Theil der Schulterblätter gekocht. Nach 12 Stunden waren die Knorpel ganz in sehr kleine Blättchen zerfallen, die, in Wasser umgerührt, diesem ein schillerndes Ansehn gaben und unter dem Mikroskop äuſserst dünn und körnig erschienen. Die Flüssigkeit, filtrirt und beinahe zur Trockenheit abgedampft, gerann nicht. Sie wurde von Alhohol stark gefüllt. Dieser Niederschlag wurde getrocknet und dann in kochendem Wasser gelöst und dann nicht ganz zum Trocknen abgedampft. Aber auch jetzt trat keine Gerinnung ein. Alaun und viel schwächer auch Essigsäure trübten diese Flüssigkeit aber. Da die Menge des angewandten Knorpels zu gering war, so stellte ich den Versuch mit schon verknöcherten Knorpeln derselben Embryonen an, nämlich mit den Stirnbeinen, Scheitelbeinen, Schulterblättern, Oberarm, Oberschenkel und einigen Rippen. An allen war das noch nicht ossifizirte möglichst rein entfernt. Die Kalkerde wurde mit Salzsäure ausgezogen. Die Knorpel dann mit Wasser ausgewaschen und 24 Stunden gekocht. Sie zerfielen dabei nur sehr langsam, indem viele schillernde Blättchen sich in der Flüssigkeit zeigten, die nach dem Trocknen wie sehr feine Fischschuppen aussahen und ein schönes Farbenspiel zeigten. Es waren vielleicht die von D e u s c h beschriebenen Lamellen, welche die feinen Markkanälchen umgeben. Bei den meisten Knorpelstückchen aber blieb die Form noch durchaus erkennbar und wenig verändert. Sie sahen gelblich weiſs aus, gar nicht gallertartig, wie gewöhnlich Substanzen, die im Begriffe sind, sich in Leim zu verwandeln. Die Flüssigkeit wurde von diesen Blättchen und Knorpelstückchen abfiltrirt und dann bis beinahe zum Trocknen abgedampft. Sie zeigte nach 24 Stunden keine Spur von Gerinnung.

Nachdem sie eingetrocknet war, wurde sie in kochendem Wasser wieder aufgelöst, wobei aber ein Rückstand ungelöst blieb. Es wurde daher filtrirt, das Filtrat wurde mit Alaun stark gefüllt und der Niederschlag löste sich gröfstentheils, doch nicht ganz, in überschüssig zugesetztem Alaun. Essigsäure trübte die Flüssigkeit ebenfalls stark, und überschüssige Essigsäure hob diese Trübung nicht wieder auf. Galläpfeltinktur fällte stark und Essigsäure löste diesen Niederschlag wieder auf, mit Hinterlassung einer sehr geringen Trübung. (Essigsäure löst den von Tischlerleim durch Galläpfeltinktur erhaltenen Niederschlag ebenfalls und zwar vollständig wieder auf, daher der Tischlerleim aus einer essigsauren Auflösung gar nicht von Galläpfeltinktur gefällt wird.) Nach diesen Reaktionen scheint die erhaltene leimartige Substanz Chondrin zu sein, obgleich sie aus verknöchertem Knorpel genommen wurde. Es entsteht daher die Frage: giebt die mit Kalkerde verbundene Knorpelsubstanz des Fötus wirklich statt Knochenleim Chondrin, oder war in dem scheinbar verknöcherten Knorpel noch viel unverknöcherter enthalten und rührt das Chondrin nur von diesem her? Es liefs sich nicht ausmitteln, ob in der erhaltenen Leimlösung auch Knochenleim war oder nicht. Dieser Punkt ist jedenfalls einer erneuten Untersuchung werth. Merkwürdig bleibt es immer, dafs die Fötalknorpel von kochendem Wasser so sehr schwer angegriffen werden, und dabei zwar ein wenig leimartiger Substanz, aber keinen gelatinirenden Leim geben.

Von grofsem Interesse ist nun die Untersuchung der Art, wie die Verknöcherung vor sich geht. Man untersucht diefs am besten, indem man von den halbverknöcherten Knorpeln der Extremitäten oder Wirbel oder des Schwanzbeins der Larve von Pelobates fuscus mit einem Rasirmesser recht feine Durchschnitte macht. Man sieht dann in den unverknöcherten Knorpeln bald die kleinen, nicht ineinander geschachtelten Knorpelzellen meist mit einem Kern in ihren Höhlen, in der eigentlichen Knorpel-

substanz, von der ich nicht weifs, ob sie hier durch die Verdickung der Zellenwände oder durch die Intercellularsubstanz gebildet wird. Die Kalkerde lagert sich nun zunächst in der eigentlichen Knorpelsubstanz ab. Sie erscheint zuerst als einzelne äufsert kleine dunkle Körnchen, wobei zuweilen eine undeutliche bogenförmige Streifung zum Vorschein kommt. Zuweilen liegen diese Kalkpünktchen zu gröfsern unregelmäfsigen Haufen in der Knorpelsubstanz vereinigt. Ob diese einem blofsen Depositum nicht unähnlichen Ablagerungen reine, nicht an Knorpel gebundene Kalkerde, also blofs vorläufige Ablagerungen sind, die sich dann später in der Knorpelsubstanz gleichmäfsig vertheilen, (was nicht wahrscheinlich ist), oder ob diese Kalkerde schon an Knorpel gebunden ist und das gleichmäfsige Aussehn des verknöcherten Knorpels dadurch entsteht, dafs sich nach und nach die ganze Substanz auf dieselbe Weise mit Kalkerde verbindet, weifs ich nicht; genug: in den unvollständig verknöcherten Scheitelbeinen derselben Larve sah ich keine solche haufenweise Ablagerungen von Kalkerde, sondern die ganze Knorpelsubstanz enthielt dieselbe gleichmäfsig vertheilt ohne unterscheidbare Körnchen. Bringt man aber in beiden Fällen verdünnte Salzsäure auf das Objekt, während man zugleich unter dem Mikroskop beobachtet, so sieht man deutlich die Grenze, bis wohin die Kalkerde aufgelöst und daher der Knorpel durchsichtiger geworden ist, als eine scharf begrenzte Linie von dem Rande des Präparates nach innen fortrücken, ein Beweis, dafs auch in dem ersten Falle aufser den Haufen und einzelnen körnigen Ablagerungen Kalkerde gleichmäfsig an die Substanz gebunden war. Denn diese Grenzlinie läfst sich nicht von der blofsen fortrückenden Imbibition mit Salzsäure ohne Auflösung von Kalkerde herleiten; wenigstens zeigte ein unverknöcherter Knorpel und solcher, dem vorhin die Kalkerde entzogen, aber dann die Salzsäure wieder ausgewaschen war, nicht das Phänomen einer solchen gegen das Innere fortrückenden Linie. Kommt diese Linie, welche also die

Grenze bezeichnet, wieweit die Kalkerde ausgezogen ist, an eine Zellenhöhle, so erhält sie in der ersten Periode der Verknöcherung dort eine Einbuchtung von der Gröfse dieser Höhle, weil dort keine Kalkerde ist. Die Zellenhöhlen bleiben Anfangs von der Kalkerde frei. An den stärker verknöcherten Stellen aber zeigt sich das Umgekehrte. Die Zellenhöhle bleibt als eine schwarze Ausbuchtung dieser Linie zurück; ja die Linie rückt fort und läfst die Höhle als einen schwarzen Fleck, von dem einzelne dunkele Fasern, wie sie an den Knochenkörperchen bekannt sind, sternförmig ausgehen, in dem schon durchsichtig gewordenen Theile zurück. Bald darauf aber verschwinden zuerst die Fasern, dann verkleinert sich auch das Körperchen immer mehr und verschwindet zuletzt mit Hinterlassung eines blassen Fleckes. Ein Luftbläschen in der Zellenhöhle konnte es nicht wohl sein; denn dann müfste man, wie es mir scheint, den Weg, auf dem es fortging, verfolgen können. Wahrscheinlich ist es eine kompaktere Kalkmasse die nicht so schnell aufgelöst wird, als die in der Substanz des Knorpels enthaltene Kalkerde. Nachdem nämlich letztere mit Kalkerde imprägnirt ist, füllt sich auch die Zellenhöhle, und diese mit Kalkerde gefüllten Zellenhöhlen sind die Knochenkörperchen. Es fragt sich nun aber, was die feinen Fasern sind, die von den Knochenkörperchen sternförmig ausgehn. Wenn die Kalkerde ausgezogen ist, so sieht man die Knochenkörperchen noch, wiewohl sehr blafs, die Fasern gar nicht, wiewohl gewifs eine ihnen entsprechende Bildung in der Knorpelsubstanz da ist und diese Nichtsichtbarkeit erklärt sich hinlänglich durch ihre aufserordentliche Feinheit. Diese Bildung konnte also auch sehr wohl schon vor der Verknöcherung vorhanden aber aus demselben Grunde nicht sichtbar sein. Da diese Fasern nun gleichzeitig mit der Anfüllung der Zellenhöhlen und später als die Knorpelsubstanz Kalkerde und zwar eine schwerer lösliche kompaktere Masse von Kalkerde erhalten, so ist es wahrscheinlich, dafs auch sie hohle Röhrchen und also Kanälchen sind, welche von der Zellen-

höhle ausgehend sich in die Knorpelsubstanz hinein erstrecken. Je nachdem nun die Knorpelkörperchen die Höhlen der Zellen sind, deren verdickte und unter einander und mit der Intercellularsubstanz verschmolzene Wände die Knorpelsubstanz bilden, oder je nachdem die Knorpelkörperchen die ganzen Zellen sind, und die Zwischensubstanz der Zellenhöhlen nur die Intercellularsubstanz ist, sind also diese Kanälchen entweder Kanälchen, die von der Zellenhöhle in die verdickten Zellenwände eindringen, oder es sind hohle Verlängerungen der Zellen in die Intercellularsubstanz. Im ersten Falle würden diese Kanälchen mit den Porenkanälchen der Pflanzenzellen zu vergleichen sein, im zweiten würden sie Verlängerungen der Zellen entsprechen, wie wir sie im Verlaufe dieser Abhandlung noch oft sehen werden. Da ich bis jetzt nicht bestimmt sagen kann, welcher der beiden Vordersätze der richtige ist, so kann ich auch über den Schlufs nichts Bestimmtes entscheiden. Die Knochenkörperchen mit ihren Fasern haben allerdings einige Aehnlichkeit mit Porenkanälchen, und letztere kommen auch verästelt vor. Auch kommen in der unmittelbar unter der Cuticula liegenden Rindenschicht der Cacteen, welche nach Schleiden aus Zellen besteht, deren verdickte Wände vollständig mit einander verschmolzen sind, in den Resten der Zellenhöhlen und deren Porenkanälchen Krystalle vor. Allein gegen diese Ansicht spricht, dafs, wie es scheint, zuweilen ein Kanälchen ununterbrochen von Einem Knochenkörperchen zum andern geht, und dafs oft Ein Kanälchen Eines Knochenkörperchens in die Zwischenräume zwischen zwei Kanälchen eines anderen Knochenkörperchens eindringt, wie wenn man die Finger der einen Hand zwischen die der andern steckt. Das erstere kann bei Porenkanälchen gar nicht, das zweite nur bei einer gewissen Form der Zellen vorkommen, die die Knorpelzellen nicht haben. Es scheint mir daher für jetzt die Wahrscheinlichkeit gröfser, dafs diese Kanälchen mit Kalkerde gefüllte Verlängerungen der Zellen sind, wie wir sie später z. B. bei den Pigmentzel-

len (s. Tab. II. Fig. 9.) finden werden. Es mufs vor Allem untersucht werden, ob solche Kanälchen auch in Zellen vorkommen, deren Wände entschieden verdickt sind.

Wir wollen nun die Beobachtungen über die Knorpel in der Kürze zusammenfassen und auf die übereinstimmenden und abweichenden Vorgänge bei den Pflanzen aufmerksam machen. Die Knorpel entstehn aus Zellen, von denen jede ihre besondere, Anfangs sehr dünne Wand hat: ebenso wie die Pflanzenzellen. Diese Zellen liegen dicht aneinander und platten sich defshalb gegeneinander ab, wie die Pflanzenzellen (s. Tab. I. Fig. 5. 6.), oder es ist Intercellularsubstanz vorhanden, und zwar entweder nur in sehr geringer Quantität, so dafs sie nur an Stellen, wo drei oder vier Zellen zusammenstofsen, sichtbar ist (s. Fig. 6 c), oder in gröfserer Menge, so dafs sie die Berührung der einzelnen Zellenwände verhindert (Fig. 7.). Die Zellen enthalten meistens, in der frühesten Periode vielleicht konstant, einen Kern, nämlich ein rundes oder ovales Körperchen (Tab. I. Fig. 5. a), welches meistens noch ein oder zwei Kernkörperchen enthält. Dieser Kern wird später, oft erst bei der Verknöcherung resorbirt. Ganz ebenso verhält es sich bei den Pflanzen. Die Wände der Knorpelzellen verdicken sich (Vergl. Fig. 6. und 7. mit Fig. 5.), was auch bei sehr vielen Pflanzenzellen vorkommt. Bei den Knorpelzellen aber läfst sich kein Unterschied zwischen primärer Zellenmembran und sekundärer Ablagerung beobachten, und eine Schichtung, wie sie bei verdickten Pflanzenzellen oft deutlich ist, ist hier nicht mit hinlänglicher Sicherheit zu erkennen. Der Zellenkern bleibt dabei, wenn er nicht resorbirt wird, an der Innenseite der verdickten Wand liegen. Eine wirkliche Verdickung der Zellenmembran ohne schichtenweise Ablagerung scheint aber auch bei den Pflanzen nicht ohne Beispiel, z. B. an dem Pollenschlauch von Formium tenax (s. die Einleitung). Es scheint aber, dafs eine Verdickung der Wände der Knorpelzellen nicht überall, namentlich nicht bei den verknöchernden Knorpeln, vorkommt, son-

dern die eigentliche Knorpelsubstanz auch blofs oder wenigstens vorzugsweise von der Intercellularsubstanz gebildet werden kann. Die verdickten Zellenwände verschmelzen später unter einander oder mit der Intercellularsubstanz, so dafs zuletzt nur die Zellenhöhlen in einer homogenen Substanz übrig bleiben. Ob bei den Knorpelzellen, welche keine Verdickung ihrer Wände erleiden, eine Verschmelzung ihrer Wände mit der Intercellularsubstanz statt findet, ist ungewifs. Von einer Verschmelzung der Zellenwände giebt es eine Analogie bei den Pflanzen, da Schleiden eine solche Verschmelzung verdickter Zellenwände in der unmittelbar unter der Cuticula liegenden Rindenschicht der Cacteen beobachtet hat.

Die Knorpelzellen enthalten oft entweder blofse Kerne oder junge Zellen mit solchen Kernen. Pag. 24 würden die Gründe angegeben, aus denen es höchst wahrscheinlich wird, dafs sich diese jungen Zellen aus den Kernen entwickeln, indem zuerst der Kern da ist, und sich um ihn die Zelle bildet, und zwar frei innerhalb der Mutterzelle (s. Tab. I. Fig. 8. f. f.). Diefs ist eine der wichtigsten Uebereinstimmungen mit den Pflanzenzellen, welche sich nach Schleiden (s. die Einleitung) ebenso aus dem Kern und ebenso innerhalb einer Mutterzelle entwickeln. Wir können nun mit Sicherheit den Kern dieser jungen Zellen mit dem Cytoblasten der Pflanzenzellen parallelisiren. Auch die Gestalt dieser jungen Zellen und die Lage des Kerns excentrisch an der innern Wandfläche der Zelle stimmt mit den jungen Pflanzenzellen überein. Vgl. Fig. 8. ff. mit Fig. 2. Auch die Form des Kerns ist ebenso wie sie bei vielen Pflanzenzellen vorkommt. Es ist bei diesen jungen Zellen in den Knorpeln ein wenig ovales oder ganz kugeliges Körperchen, welches oft granulös und etwas gelblich ist und in sich ein oder zwei Kernkörperchen enthält. (Vergl. über die Form des Pflanzenzellenkerns die Einleitung). Dieser Kern scheint aber hohl zu sein, was bei dem Cytoblasten der Pflanzenzellen nicht beobachtet ist, und die Kernkörperchen liegen dicht an

oder in der Nähe der innern Wandfläche des Kerns, während sie bei dem Pflanzenzellenkern nach Schleiden in der Tiefe des Kerns liegen. Ob diese in den Knorpeln entstehenden jungen Zellen junge Knorpelzellen d. h. Zellen sind, die durch Verdickung ihrer Wände Knorpelsubstanz bilden könnten, ob also auch ihre Kerne identisch sind mit den Kernen der fertigen Knorpelzellen (Fig. 5. a) ist ungewifs. Die grofse Uebereinstimmung ihrer Form aber und das, wie es scheint, konstante Vorkommen der letztern an den jüngsten Knorpelzellen, machten es wahrscheinlich, dafs diese Kerne der eigentlichen Knorpelzellen auch die Bedeutung der Cytoblasten der entsprechenden Knorpelzellen haben. Bei der Verknöcherung lagert sich zunächst die Kalkerde in den Zellenwänden oder in der eigentlichen Knorpelsubstanz ab, später werden auch die Reste der Zellenhöhlen mit Kalkerde gefüllt, und es kommen dann zugleich die von diesen sternförmig ausgehenden Fasern zum Vorschein. Ueber die Bedeutung der letztern siehe oben pag. 35. Es war dort am wahrscheinlichsten, dafs diese Fasern oder vielmehr Kanälchen Verlängerungen der Knorpelzellen in die Intercellularsubstanz sind, analog den Verlängerungen z. B. der Pigmentzellen Tab. II. Fig. 9.

Wir haben also hier eine so vollkommene Uebereinstimmung der Knorpel mit dem Pflanzengewebe, wie man es nur immer erwarten konnte. Das Hohlsein der Zellenkerne und die Lage der Kernkörperchen in denselben scheinen die einzigen Abweichungen zu sein.

* * *

Die detaillirte Untersuchung über die Chorda dorsalis und die Knorpel hat uns also zu dem Resultate geführt, dafs die wichtigsten Verhältnisse ihrer Structur und ihrer Entwicklung mit entsprechenden Prozessen bei den Pflanzen übereinstimmen, dafs zwar noch einige Abweichungen oder unerklärte Verschiedenheiten übrig bleiben, die aber nicht hinreichend sind, das Hauptresultat zu stören, dafs

nämlich diese Gewebe aus Zellen entstehn, welche durchaus den Elementarzellen der Pflanzen parallel gestellt werden müssen. Es ist hiermit der erste der in der Einleitung verlangten Beweise geliefert, der nämlich, bei einem einzelnen Gewebe zu zeigen, dafs es nicht nur aus Zellen entsteht, sondern dafs diese Zellen bei ihrem Entwicklungsprozesse analoge Erscheinungen zeigen, wie die Pflanzenzellen. Dadurch ist eine Hauptscheidewand zwischen Thier- und Pflanzenreich, die Verschiedenheit der Structur, gefallen. Wir kennen die Bedeutung der einzelnen Theile der genannten thierischen Gewebe im Vergleich mit den Pflanzenzellen, und wissen, dafs bei diesen Geweben Zellen, Zellenmembran, Zelleninhalt, Kerne und Kernkörperchen durchaus den gleichnamigen Theilen bei den Pflanzenzellen analog sind. Wir haben bereits mehrere Modifikationen des Zellenkerns und der Zellen kennen gelernt. Der Zellenkern stellte in seinen Umrissen entweder ein ovolas oder kreisrundes und seiner Körperlichkeit nach ein kugeliges oder stark abgeplattetes, zuweilen hohles Körperchen dar, welches oft seiner Durchsichtigkeit wegen kaum sichtbar, meistens aber granulös und gelblich war, und in seinem Innern Ein bis Drei Kernkörperchen enthielt. Dieser Kern lag innerhalb der Zelle, an der Wand derselben fest haftend, niemals central. Die Grundform der Zelle schien die eines runden Bläschens zu sein, wir haben aber auch die Abplattung der Zellen gegen einander und Intertercellularsubstanz zwischen den Zellen in gröfserer oder geringerer Quantität, und endlich die Verdickung der Zellenwände beobachtet. Wir haben die Erzeugung von Zellen in Zellen gesehn und es wurde bei den jungen Zellen in den Knorpeln wahrscheinlich, dafs sie auf dieselbe Weise um die Kerne geschieht, wie diefs von Schleiden bei den Pflanzenzellen entdeckt wurde. Es bleibt uns jetzt der zweite Beweis für die Uebereinstimmung der thierischen und pflanzlichen Structur zu liefern übrig, nämlich der, dafs die meisten oder alle thierischen Gewebe sich aus Zellen entwickeln. Wenn

dieser Beweis allein geliefert wäre, so würde daraus schon die Analogie dieser Zellen mit den Elementarzellen der Pflanzen höchst wahrscheinlich; wir können diese Analogie jetzt um so mehr behaupten, da es für einzelne Gewebe im Detail nachgewiesen ist, dafs ihre Zellen den Pflanzenzellen entsprechen.

II. Abschnitt.

Ueber die Zellen als Grundlage aller Gewebe des thierischen Körpers.

Als Grundform der bisher betrachteten Gewebe können uns die in den Knorpelzellen enthaltenen jungen Zellen gelten (s. Tab. I. Fig. 8. f. f.), nämlich runde Zellen mit einem excentrisch an ihrer innern Wandfläche fest anliegenden charakteristischen Kern. Da diese Zellen als den Pflanzenzellen entsprechend nachgewiesen wurden, so kommt es nun darauf an, auf diese Formation die Elementargebilde der übrigen Gewebe zurückzuführen, um dadurch zugleich ihre Analogie mit den Pflanzenzellen gezeigt zu haben. Bei einigen Geweben ist nun diese Nachweisung sehr leicht und ergiebt sich ganz von selbst; bei andern aber hat die Sache weit mehr Schwierigkeit und oft würde es unmöglich sein, etwas für eine Zelle zu erklären, wenn man nicht diese ganze Untersuchung im Zusammenhange nimmt. Diese Schwierigkeit rührt von folgenden Umständen her: 1) von der Kleinheit der Zellen. Es wird dadurch nicht nur nothwendig, starke 400—500fache Vergröſserungen anzuwenden, sondern es wird auch oft, ja meistens unmöglich den Zelleninhalt herauszudrücken. 2) Von der Dünnheit der Zellenmembran. Wenn die Zellenmembran eine gewisse Dicke hat, so kann man sowohl ihre äuſsere als ihre innere Kontur erkennen, und dadurch wird ihre Verschiedenheit von dem Zelleninhalte unzweifelhaft. Ist die Zellenmembran sehr dünn, so fallen die beiden Konturen in Eine Linie zusammen und diese Linie kann dann leicht als die bloſse Grenzlinie einer nicht von einer besondern Haut umschlossenen Kugel betrachtet werden. 3) Von der gleichen lichtbrechenden Kraft der Zellen-

membran und des Zelleninhaltes, wodurch die innere Kontur der Zellenmembran nicht in die Beobachtung fallen kann, und von der körnigen Beschaffenheit der Zellenmembran, die dadurch, wenn der Zelleninhalt auch körnig ist, ebenfalls nicht von diesem zu unterscheiden ist. Endlich 4) von der manchfaltigen Form der Zellen, indem sie sich bis zum gänzlichen Verschwinden der Höhle abplatten oder in Cylinder und Fasern verlängern können. Dieser Umstände wegen hat man viele der hier anzuführenden Zellen blofs als Kugeln oder Körner beschrieben, wodurch die wahre Bedeutung derselben nicht ausgedrückt wird, und wenn sie auch als Zellen oder selbst als Zellen mit einem Kern angesprochen wurden, so beruhte diefs nur auf einer schwachen Analogie, indem nur bei sehr wenigen, z. B. den Pigmentzellen, eine wirkliche hohle Zelle nachgewiesen war. Wenn aber die Bedeutung des Kerns nicht bekannt und es nicht erwiesen ist, dafs für die Zellen, auf deren Analogie der Beweis der Zellennatur der übrigen, mit einem Kern versehenen Kugeln gestützt werden soll, die Zellenmembran etwas Wesentliches ist (was sich erst aus ihrer Analogie mit den Pflanzenzellen ergiebt), so liegt nichts Widersprechendes darin, dafs ein Kern eben so gut in einer soliden Kugel, wie in einer Zelle liegen kann.

Man sieht aus den oben berührten Schwierigkeiten dieser Untersuchung, dafs sehr wohl etwas eine Zelle sein kann, wenn auch die gewöhnlichen Kennzeichen einer Zelle, die Unterscheidbarkeit der Zellenmembran und das Ausfliefsen des Zelleninhaltes, nicht in die Beobachtung fallen können. Indessen mit der Möglichkeit, dafs etwas eine Zelle ist, sind wir nicht viel weiter. Es müssen positive Kennzeichen da sein, um ein gegebenes Objekt als eine Zelle betrachten zu können. In vielen Fällen nun treten jene Schwierigkeiten gar nicht ein, sondern das Objekt läfst sich sogleich als Zelle erkennen, in anderen Fällen sind die Schwierigkeiten nicht so grofs, dafs nicht wenigstens der Unterschied zwischen

Zellenmembran und Zelleninhalt angedeutet wäre und hier können dann andere Umstände diese Vermuthung zur Gewifsheit erheben. Der wichtigste und häufigste Umstand zum Beweis der Existenz einer Zelle ist die Anwesenheit oder Abwesenheit des Kerns. Seine scharfe Begrenzung und seine dunklere Farbe machen ihn in den meisten Fällen leicht erkennbar; seine charakteristische Gestalt, besonders wenn er Kernkörperchen enthält, und seine auffallende Lage zu der untersuchten Kugel, nämlich excentrisch innerhalb derselben nur um die Dicke der supponirten Zellenwand von der Oberfläche entfernt, legitimiren ihn als Zellenkern und machen seine Analogie mit dem Kern der in den Knorpeln enthaltenen jungen Zellen und mit den Pflanzenzellen, also auch die Analogie der untersuchten Kugeln, worin er liegt, mit diesen Zellen, mithin die Existenz einer besondern Zellenmembran bei dieser Kugel sehr wahrscheinlich. Ein solcher Kern nun kommt bei mehr als neun Zehntel der fraglichen Kugeln vor; bei vielen ist die besondere Zellenmembran unzweifelhaft, bei den meisten ist sie mehr oder weniger deutlich. Unter diesen Umständen ist wohl der Schlufs erlaubt, dafs auch bei den Kugeln, wo keine Zellenmembran zu erkennen ist, der in seiner Form und Lage cherakteristiche Kern aber sich findet, eine Zellenmembran vorhanden ist, die aber aus den oben angegebenen Ursachen nicht in die Beobachtung fallen kann. In manchen Fällen kommen dann noch andere, bei den einzelnen Geweben anzugebende Umstände zum Beweis der Existenz einer wirklichen Zellenmembran hinzu. Namentlich gehört es daher, wenn man ein mit einem Zellenkern versehenes Körperchen, über dessen zellige Natur man zweifelhaft ist, als eine blofse Entwicklungsstufe oder als eine Formmodifikation einer durch irgend welche Umstände deutlich nachweisbaren Zelle darthun kann. Die Zellenkerne und die Entfernung der in einem Gewebe zerstreueten Kerne von einander dienen auch als Fingerzeig, wo man den Umrifs der Zellen zu suchen hat. Sie lassen auch da die frühere Existenz ge-

trennter Zellen vermuthen, wo diese in fortschreitender Entwicklung mit einander verschmolzen sind. Hat eine Kugel keinen Kern, auch nicht in ihrer frühesten Entwicklungsstufe, so ist sie entweder gar keine Zelle oder kann wenigstens vorläufig nicht als solche anerkannt werden, wenn nicht andere Umstände sie als solche verrathen. Glücklicher Weise sind solche kernlose Zellen selten.

Aufser der Zellennatur der Elementargebilde der thierischen Gewebe lassen sich meistens auch noch Uebereinstimmungen mit den Pflanzenzellen in dem Entwicklungsgange dieser Elementargebilde nachweisen, Uebereinstimmungen, die dann auch wieder den Beweis für die Betrachtung dieser Elementargebilde als Zellen verstärken. Das, wenn auch nicht ganz allgemeine, doch aufserordentlich häufige Vorkommen der Zellenkerne, selbst an den jüngsten Zellen, beweist schon die hohe Wichtigkeit des Kerns für die Existenz der Zellen. Es läfst sich zwar für jetzt noch nicht behaupten, dafs der Kern allgemein bei den mit einem Kern versehenen Zellen das Primäre, und die Zelle das Sekundäre, d. h. dafs überall die Zelle sich um den vorher existirenden Kern bildet. Wahrscheinlich ist es aber gewöhnlich so, da man meistens in den Geweben, aufser den mit einem Kern versehenen Zellen, noch einzelne Kerne sieht, und da es fast konstant scheint, dafs die Zellen um so kleiner sind im Verhältnifs zum Kern, je jünger sie sind. Auch das endliche Schicksal des Kerns ist wie bei den Pflanzenzellen. Bei den meisten Zellen wird er später resorbirt, und nur bei einigen bleibt er als permanentes Gebilde. Gerade so verhält es sich bei den Pflanzen. Bei den Pflanzen entwickeln sich, nach Schleiden, die jungen Zellen immer innerhalb der Mutterzellen, und wir haben bei der Chorda dorsalis und den Knorpeln auch eine solche Entwicklung junger Zellen innerhalb schon gebildeter Zellen gesehen. War es aber schon zweifelhaft, ja nicht einmal wahrscheinlich, dafs die primären Zellen dieser Gewebe nach derselben Weise in früher vorhandenen Mutterzellen sich bildeten, so ist diefs

bei vielen der nun zu betrachtenden Gewebe entschieden nicht der Fall. Eine Bildung junger Zellen in älteren werden wir zwar noch oft sehen, allein die Regel ist es nicht, und bei vielen Geweben kommt es gar nicht vor.

Das Allgemeine bei der Zellenbildung ist Folgendes: Es ist zuerst eine strukturlose Substanz da, die bald ganz flüssig, bald mehr oder weniger gallertartig ist. Diese besitzt nach ihrer chemischen Beschaffenheit und dem Grade ihrer Vitalität in mehr oder weniger hohem Grade die Fähigkeit in sich, die Entstehung von Zellen zu veranlassen. Gewöhnlich scheint sich dabei zuerst der Kern und dann um ihn die Zelle zu bilden. Die Zellenbildung ist für die organische Natur das, was für die anorganische die Krystallisation ist. Die Zelle, einmal gebildet, wächst durch ihre individuelle Kraft fort, wird aber dabei durch den Einflufs des ganzen Organismus so geleitet, wie es der Plan des Ganzen erfordert. Diefs ist das Grundphänomen der ganzen thierischen und pflanzlichen Vegetation. Es pafst sowohl auf die Fälle, wo die jungen Zellen innerhalb der Mutterzellen, als wo sie aufser ihnen sich bilden. In beiden Fällen geht die Erzeugung der Zellen in einer Flüssigkeit oder in einer strukturlosen Substanz vor sich. Wir wollen diese Substanz, worin sich die Zellen bilden, Zellenkeimstoff, Cytoblastema, nennen. Sie läfst sich bildlich, aber auch nur bildlich, mit der Mutterlauge vergleichen, aus der sich die Krystalle absetzen.

Wir werden später ausführlicher auf diesen Punkt zurückkommen, und mufsten hier nur mit diesem Resultate der Untersuchung vorgreifen, um das Verständnifs des Folgenden zu erleichtern.

Wir haben im vorigen Abschnitt den Entwicklungsgang einiger thierischer Zellen beispielsweise an der Chorda dorsalis und den Knorpeln vorläufig im Detail erörtert. Es kommt nun darauf an, das Entstehen oder Bestehen aus Zellen, so weit es angeht, bei allen Geweben nachzuweisen. Wir theilen diese Untersuchung in zwei Abtheilungen. Die erste handelt von dem Ei und der Keimhaut,

insofern diese die gemeinsame Grundlage aller späteren Gewebe abgeben. Die zweite Abtheilung umfafst die bleibenden Gewebe des thierischen Körpers, wobei aber die schon abgehandelten Gewebe, Chorda dorsalis und Knorpel, übergangen werden.

Erste Abtheilung.

Ueber das Ei und die Keimhaut.

Bekanntlich liegt das Säugethierei innerhalb des Graafschen Bläschens. Ob das Graafsche Bläschen die Bedeutung einer Zelle hat, habe ich nicht untersucht. Es ist zwar eine Zelle im allgemeinen Sinne dieses Wortes, nämlich eine Höhle in der Substanz des Eierstocks; es hat sogar eine eigenthümliche Haut; allein da wir hier das Wort Zelle nur in der Bedeutung als das Elementargebilde der Thiere und Pflanzen nehmen, so kommt es darauf an, zu untersuchen, ob diese Haut nicht etwa erst sekundär durch die Aneinanderfügung anderer Elementargebilde zusammengesetzt wird. Die Entwicklungsgeschichte des Graafschen Bläschens mufs darüber Aufschlus geben, ob diefs der Fall ist, oder ob es sich durch blofses Wachsthum einer mit einer strukturlosen Zellenmembran versehenen Zelle, die vielleicht früher noch einen Kern haben mag, entsteht. Innerhalb desselben liegt das Eichen oder Bärsche Bläschen in einer Körnerschicht eingebettet. Untersucht man diese Körner bei 450facher Vergröfserung, so erkennt man bald, dafs sie Zellen sind, nämlich runde Bläschen mit einem Kern innerhalb derselben an ihrer inneren Wandfläche. Der Kern ist granulös, dunkler und fällt daher zunächst auf. Er enthält ein oder zwei Kernkörperchen. Die ihn umgebende Zelle ist von verschiedener Gröfse, im Mittel etwa um die Hälfte im Durchmesser gröfser, manche sind viel gröfser. Die Zellen sind meistens äufserst blafs und im isolirten Zustande rund. Im Zusammenhange platten sie sich oft gegen einander zu einer polyedrischen

Form ab. Aufser diesen Zellen scheinen auch einzelne Kerne innerhalb des Graafschen Bläschens vorzukommen, vielleicht als Grundlage neuer Zellen. Die Entstehung dieser Zellen geschieht, nach dem oben pag. 45 erwähnten Grundgesetze, innerhalb der Flüssigkeit des Graafschen Bläschens als ihrem Keimstoff. Ob dieser Zelleninhalt ist, die darin entstehenden Zellen also sich in einer Mutterzelle bilden, hängt von der Entscheidung der Frage ab, ob das Graafsche Bläschen eine Elementarzelle ist oder nicht. Die Entscheidung dieser Frage ist nicht wesentlich, da sich die Entstehung aller Zellen in Zellen ohnehin nicht durchführen läfst. Bei dem selbstständigen Leben der Zellen ist es leicht ersichtlich, wie diese Zellen, wenn sie nach dem Platzen des Graafschen Bläschens mit dem Eichen in den Uterus gelangen, sich zu anderen Gebilden (Chorion nach Krause) weiter entwickeln können. Innerhalb dieser Körner oder vielmehr Zellenscheibe liegt nun das Eichen oder Bärsche Bläschen eingebettet (siehe die von Krause entlehnte Abbildung Tab. II. Fig. 1). Man unterscheidet zunächst die dunkle Dotterkugel, umgeben von einem durchsichtigen Raum (zona pellucida Baer, Corion Wagner). Krause (Müller's Archiv 1837. p. 27) fand, dafs die Dotterkugel von einer eigentümlichen Haut d (Dotterhaut) umgeben ist, und dafs der durchsichtige Raum äufserlich von einem sehr zarten Eiweifshäutchen b umschlossen, die durchsichtige Substanz selbst aber (Eiweifs) flüssig genug ist, um eine Verschiebung des Dotters innerhalb derselben bis zur Berührung des Eiweifshäutchens zuzulassen. Obgleich es mir noch nicht gelungen ist, diefs Häutchen zu sehen und die durchsichtige Haut in meinen Versuchen beim Platzen des Dotters immer wie eine feste Substanz mit glatten Rändern zerrifs, so sind doch die Beobachtungen des hochgeehrten Entdeckers zu bestimmt, um Zweifel übrig zu lassen. Auch spricht die Analogie der meisten übrigen Eier in andere Thierklassen, wo gewöhnlich Chorion und Dotterhaut sich unterscheiden lassen, wenn sie auch manchmal dicht auf

einander liegen, durchaus dafür. Das Eiweifshäutchen wird wahrscheinlich die Bedeutung einer Zellenmembran haben, das Eiweifs der Zelleninhalt sein, und die Dotter eine junge Zelle. Nach Wharton-Jones dehnt sich der durchsichtige Hof des Eichens oder die Eiweifsschichte bei dem befruchteten Säugethierei in den Tuben sehr stark aus, was durch die Thätigkeit des Eiweifshäutchens als Zelle leicht erklärlich wäre. Diese Art der Eiweifsbildung wäre dann aber sehr verschieden von dem entsprechenden Prozefs beim Vogelei, wo das Eiweis nach Purkinje von dem Eileiter secernirt wird und nachher erst eine Haut (Chorion) sich darum bildet, die also die Bedeutung einer Zellenmembran nicht haben kann, und auch nicht einfach, sondern aus Fasern zusammengesetzt ist. Es wäre indessen zu untersuchen, ob nicht ein eben so feines Häutchen auch hier das Eiweis umgiebt und dieses bildet, und erst darum sich eine sekundäre äufsere Haut bildet. Nach Purkinje ist diefs indessen nicht der Fall, auch konnte ich auf der inneren Fläche der Schalenhaut des gelegten Eies kein solches Häutchen finden. Ob bei den Fischen des Chorion eine Zellenmembran ist oder nicht, habe ich nicht untersucht. Es ist inwendig mit einem sehr schönen Epithelium überzogen, welches aus mehr oder weniger platten sechseckigen Zellen besteht, von denen jede ihren Kern hat.

Innerhalb des durchsichtigen Hofes oder der Eiweisschichte nach Krause, liegt nun das Bärsche Bläschen oder der Dotter. Nach Krause's Entdeckung ist es von einer eigenthümlichen strukturlosen Haut umschlossen, deren doppelte Konturen Krause erkannte (Tab. II. Fig. 1 d). Der Dotter des Säugethiereies ist also höchst wahrscheinlich eine Zelle. Sollte auch bei anderen Thieren, wie Wagner andeutet, die Dotterhaut sich zuweilen erst sekundär innerhalb des Chorion bilden, so würde dadurch für unsern Zweck nicht viel geändert, indem dann das Chorion die Zellenmembran wäre. Ueberall besitzt das Eichen eine äufsere strukturlose, auch nicht aus

anderen Elementargebilden entstandene, in sich geschlossene Haut, mag sie Chorion oder Dotterhaut sein, und immer ist defshalb das Eichen eine Zelle. Die Dotterzelle enthält als Zelleninhalt die Dottersubstanz, und an ihrer inneren Fläche liegt noch das Keimbläschen oder Purkinje'sche Bläschen (Fig. 1. f). Es ist bekanntlich ein sehr durchsichtiges dünnwandiges Bläschen, welches eine durchsichtige, nach R. Wagner durch Weingeist koagulirbare Flüssigkeit enthält. In ihm und zwar an der inneren Fläche seiner Wand liegt fast allgemein, mit sehr wenigen von R. Wagner angegebenen Ausnahmen, noch ein Körperchen, von seinem Entdecker, R. Wagner, Keimfleck oder Keimscheibe genannt (Fig. 1. g). Bei Säugethieren ist es gewöhnlich platt. Häufig sind dieser Flecke viele vorhanden, doch sind sie um so geringer an Zahl, je jünger das Ei ist, und hängen nach Wagner bei jüngern Eiern auch fester an der Wand des Keimbläschens. Bei Knochenfischen, wo sie oft in so grofser Zahl sind, dafs man von der Flüssigkeit des Keimbläschens gar nichts sieht, habe ich oft beobachtet, dafs wenn ein solches Körperchen nach dem Platzen des Keimbläschens durch einen engen Raum passirte, es sich erst stark verlängerte, dann in der Mitte zu einem dünnen Faden auszog, der bald rifs. Die beiden Stümpfe zogen sich dann zurück, und aus dem einen Körperchen waren zwei runde Kügelchen entstanden, wie man ein ähnliches Phänomen an Fettaugen auf der Suppe zu beobachten Gelegenheit hat. Sie scheinen also von einer mit Wasser nicht mischbaren zähen Substanz zusammengesetzt. Nach Purkinje liegt das Keimbläschen bei Vögeln fest an der Dotterhaut. Nach v. Bär und Wagner liegt es Anfangs in der Mitte des Dotters und erhebt sich erst später an die Oberfläche.

Von grofser Wichtigkeit ist nun die Entscheidung der Frage, welche Bedeutung das Keimbläschen hat. Ist es eine junge, innerhalb der Dotterzelle entstehende Zelle, oder ist es der Kern der Dotterzelle? Ist das Erste der Fall, so ist es höchst wahrscheinlich die wesentlichste

Grundlage des Embryo; ist es aber Kern der Dotterzelle, so ist mit der Bildung der Dotterzelle seine Bedeutung erloschen, und nach der Analogie der meisten Zellenkerne mufs es später entweder ganz resorbirt werden, oder nur rudimentär noch eine Zeit lang fortbestehen, ohne irgend etwas wesentliches Neues zu bilden. Der gewöhnliche Verlauf des Lebens einer einfachen Zelle ist nämlich der: Es ist Anfangs ein Kern da; um ihn bildet sich die Zelle; der Kern wächst oft Anfangs noch etwas mit der Zelle, doch viel schwächer, so dafs der Kern im Verhältnifs zur Zelle um so gröfser ist, je jünger die Zelle ist; der Inhalt der Zelle ist Anfangs durchsichtig; dann entsteht ein fester Niederschlag oder eine neue Bildung in der Zelle, und zwar zunächst um den Kern, der zuerst davon eingeschlossen wird; der Kern wird dann entweder ganz resorbirt oder besteht nur rudimentär fort, und nie habe ich an anderen Zellenkernen beobachtet, dafs etwas anderes Wesentliches daraus entsteht. Nur bei den Fettzellen in der Schädelhöhle einer jungen Plötze schienen sich während der Resorption des Kerns in demselben ein oder mehrere kleine Fetttröpfchen zu bilden. Die Wichtigkeit der Entscheidung dieser Frage für das Keimbläschen leuchtet also ein. Leider aber sind weder die Beobachtungen über das spätere Verhalten des Keimbläschens, noch die über die Entstehung des Eichens hinreichend oder sicher genug, um diese Frage zu entscheiden.

Analysiren wir beide Ansichten genauer und vergleichen sie dann mit den Beobachtungen. Ist das Keimbläschen eine junge Zelle, so ist 1) durchaus nothwendig, dafs die Dotterzelle vorher da sei, und sich darin erst das Keimbläschen entwickelt. 2) Das Keimbläschen darf nicht mit der Dotterhaut verbunden sein, sondern mufs sich frei in der Dotterhöhle an einer beliebigen Stelle derselben entwickeln. 3) Das Keimbläschen läfst sich entweder als eine kernlose Zelle betrachten, und dann gehören die Wagnerschen Flecke zum Zelleninhalt, oder der Wagnersche Fleck, wo er einfach ist, ist Zellenkern; wenn ihrer

mehrere sind, so sind die übrigen entweder wesentlich von ihm verschieden und gehören zum Zelleninhalt, oder sie sind Kerne junger Zellen, die sich im Keimbläschen entwickeln sollen. Der als Kern des Keimbläschens zu betrachtende Fleck mufs wenigstens Anfangs mit der Wand des Keimbläschens verbunden sein. Ist das Keimbläschen aber Kern der Dotterzelle, so mufs 1) das Keimbläschen wahrscheinlich vor der Dotterzelle vorhanden, jedenfalls im Verhältnifs zur Zelle um so gröfser sein, je jünger das Eichen ist. 2) Es mufs Anfangs an der Dotterhaut anliegen und mit ihr mehr oder weniger innig verbunden sein. 3) Das Keimbläschen als Kern betrachtet hat entweder keine Kernkörperchen, oder die Wagnerschen Flecke lassen sich als solche betrachten. Im ersten Falle bilden die Wagnerschen Flecke den Inhalt des Kerns. Bei Aufzählung dieser Punkte ist auf das spätere Verhalten des Keimbläschens nach der Befruchtung nicht Rücksicht genommen, weil es wünschenswerth ist, aus der Deutung des Keimbläschens sein späteres Schicksal gewissermafsen a priori bestimmen und dadurch den viel schwierigeren Beobachtungen des befruchteten Eies wenigstens einen Leitfaden geben zu können. Auch reichen die angeführten Unterschiede, wenn die Beobachtungen vollständig wären, zur sichern Entscheidung der in Rede stehenden Frage hin, ja die sichere Entscheidung des ersten Punktes würde allein schon hinreichen.

Betrachten wir nun den für beide Ansichten zuerst aufgestellten Punkt, so würde man sich für die letzte Ansicht, nämlich die Betrachtung des Keimbläschens als Kern, entscheiden müssen, wenn es nachgewiesen wäre, dafs das Keimbläschen zuerst da ist, und um dasselbe sich die Dotterzelle als eine einfache Zelle bildet, Anfangs das Keimbläschen dicht umschliefsend und sich nach und nach immer mehr ausdehnend. Sicher ist zunächst hier, dafs das Keimbläschen früher im Verhältnifs zur Dotterzelle viel gröfser ist, dafs es Anfangs noch mit der Dotterzelle wächst, später sich aber die Dotterzelle bedeutend stärker

ausdehnt, während das Keimbläschen zurück bleibt: ganz so, wie es sich bei der Betrachtung des Keimbläschens als Kern verhalten müfste. Durchaus unvereinbar sind aber diese Thatsachen auch mit der ersten Ansicht nicht. Man kann sich denken, dafs in der Dotterzelle, wenn sie noch sehr jung ist, sich eine junge Zelle, das Keimbläschen, bildet, dafs diese Anfangs schneller wächst als ihre Mutterzelle, aber früher aufhört, während die Mutterzelle in ihrem Wachsthum fortfährt. Ein solches Verhalten ist aber wohl selten, und die angeführten Thatsachen legen viel mehr Gewicht in die Wagschale der Ansicht, wornach das Keimbläschen der Kern ist. Zur Entscheidung ist aber die Untersuchung nothwendig, ob das Keimbläschen vor der Dotterzelle da ist. Diefs ist aber noch nicht erwiesen, obgleich v. Bär und Purkinje diefs vermuthen und eine Beobachtung von R. Wagner dafür spricht (Prodromus physiologiae generationis p. 9. Fig. XVIII. a). Das hintere Ende des Eileiters von Acheta campestris fand er voll von Keimbläschen. Diese dehnten sich bei ihrem Fortrücken im Eileiter immer mehr aus. In seinem weiteren Verlauf erweitert sich dann der Eileiter; es zeigen sich Kügelchen in ihm, die Wagner für Dotterkügelchen hält, und zwischen diesen liegen die Keimbläschen; dann „wird jedes Keimbläschen mit seinem Dotter und Chorion umgeben und so werden die einzelnen Eier getrennt." Die Art, wie aber hier die Dotterhaut entsteht, ist nicht angegeben. Bildet sie sich als eine das Keimbläschen Anfangs eng einschliefsende, aber sich schnell ausdehnende Zelle, oder schliefst sie sogleich eine gröfsere Menge der umgebenden Dotterkugeln (?) ein? Es ist schwer, sich die letztere Bildungsweise vorzustellen. Ist aber die erste Entstehungsart die richtige, so können die Kügelchen, welche im Eileiter die Keimbläschen umgeben, keine Dotterkügelchen sein. Es sind daher neue Untersuchungen nothwendig, die, wenn sie die erste Ansicht bestätigen, für die Bedeutung des Keimbläschens als Zellenkern entscheidend sind.

Was nun den zweiten Punkt anbelangt, ob nämlich das Keimbläschens Anfangs mehr oder weniger innig mit der Membran der Dotterzelle verbunden ist oder frei in der Dotterzelle liegt, so ist dieser Punkt weit weniger entscheidend. Nach v. Bär und R. Wagner liegt das Keimbläschen Anfangs in der Mitte der Dotterzelle, und erhebt sich erst später an die Wand derselben. v. Bär führt namentlich die Froscheier als solche an, wo das Keimbläschen lange in der Mitte des Dotters liegt. Meistens findet man das Keimbläschen an der Wand der Dotterzelle, und nach Purkinje ist es bei Vögeln oft so innig damit verbunden, dafs es beim Versuche, es loszutrennen, zerreifst. Obgleich die Lage des Keimbläschens in der Mitte der Dotterzelle mehr für die Betrachtung desselben als junge Zelle spricht, so ist diese Beobachtung doch nicht ganz unvereinbar mit der Deutung desselben als Kern. Der Kern braucht nämlich nur in der ersten Bildung der Zelle mit ihr verbunden zu sein. Später trennt er sich oft von ihr und liegt lose in der Zelle. Wenn aber die Dotterhaut das Keimbläschen noch dicht umschliefst, so läfst es sich nicht entscheiden, ob es in der Mitte oder an der Wand der Zelle liegt. Dieser Punkt ist daher mehr der Idee nach als in der praktischen Ausführung der Untersuchung von entscheidendem Gewicht.

Der dritte Punkt bezieht sich auf die Deutung der einzelnen Theile des Keimbläschens. Dafs es hohl ist, verträgt sich mit beiden Ansichten. Obgleich man bei Pflanzen bis jetzt noch keine hohle Kerne kennt, so haben wir doch schon bei den Knorpeln hohle Kerne gefunden, die entschieden die Bedeutung von Cytoblasten hatten. Es fragt sich nun aber, was sind Wagner's Fleck oder Flecke? Das Keimbläschen, als junge Zelle betrachtet, kann Einer davon Kern desselben sein, die übrigen können Zelleninhalt oder Kerne junger Zellen sein, die sich noch entwickeln sollen. Das Keimbläschen als Kern betrachtet, können sie entweder Kernkörperchen sein oder blofs Inhalt des Kerns. Für das erste spricht, dafs in

den meisten Fällen nur Ein Fleck da ist und die übrigen meistens später erst entstehen. In diesem Einen Kern hat R. Wagner zuweilen noch ein oder einige kleine Pünktchen beobachtet und von Alcedo hispida, Lepus cuniculus, Ovis aries u. s. w. abgebildet; ich habe deren auch zuweilen gesehen, die diesem Fleck einigermafsen das Ansehen eines an der Wand der Zelle anklebenden Zellenkernes geben, worin jene Pünktchen die Kernkörperchen wären. Indessen ist das Vorhandensein dieser Pünktchen in der Regelmäfsigkeit, dafs man sie als Kernkörperchen ansehen könnte, zu selten, und sie sind meistens zu unbestimmt, als dafs ich ihnen irgend ein Gewicht in der Entscheidung der vorliegeuden Frage beilegen möchte. Die Betrachtung der Wagnerschen Flecke als Kernkörperchen in dem Keimbläschen als Zellenkern hat die oft ungemeine Zahl derselben gegen sich, indem sie zuweilen bei Fischen das ganze Keimbläschen ausfüllen, wenigstens seine innere Fläche dicht gedrängt bedecken. Die gröfste Zahl der Kernkörperchen, die ich an anderen Kernen beobachtet habe, ist drei, und bei Pflanzen kommen, nach Schleiden, in sehr seltenen Fällen auch vier vor. Sind sie aber keine Kernkörperchen, sondern Inhalt des Kerns, so mufs man zugeben, dafs dieser von dem Inhalt fast aller anderen Kerne sehr abweicht. Dieser ist nämlich bei allen anderen Kernen höchst feinkörnig und meist gelblich. Nur bei den Fettzellen in der Schädelhöhle einer jungen Plötze habe ich zuweilen in dem in der Resorption begriffenen Kern Fetttröpfchen entstehen sehen. Dieser letzte Punkt würde also mehr für die Betrachtung des Keimbläschens als junge Zelle sprechen.

Erwägt man nun alles dieses zusammen, so ist für jetzt die Entscheidung der Frage, ob das Keimbläschen Zelle oder Zellenkern ist, noch nicht möglich. Insofern die Beobachtungen über den ersten und wichtigsten Punkt, das frühere Vorhandensein des Keimbläschens vor der Dotterzelle, mehr für die Betrachtung des Keimbläschens als Zellenkern sprechen, scheint indessen für den Augen-

blick diese Ansicht einiges Uebergewicht zu haben. Das spätere Verhalten des Keimbläschens scheint auch mehr dafür zu sprechen. Es bildet sich nämlich um dasselbe die Scheibe, die vielleicht dem körnigen Niederschlage entspricht, der sich gewöhnlich in anderen Zellen um den Kern bildet. Dann verschwindet das Keimbläschen, wie an den anderen Zellen auch gewöhnlich der Kern resorbirt wird. Dafs die Flüssigkeit des Keimbläschens dann eine befruchtende Wirkung ausübe, ist durch Nichts zu beweisen, sondern wenn es Zellenkern ist, verschwindet es, weil es seine Wirkung, die Bildung der Dotterzelle, gethan hat. Die Scheibe, die sich um dasselbe gebildet hat, entwickelt sich zur Keimhaut, und es ist ungewifs, ob Reste des Keimbläschens an der Bildung derselben Theil nehmen.

Betrachten wir nun den übrigen Inhalt der Dotterzelle aufser dem Keimbläschen, und zwar beim Vogel. Man kann von den bekannten Kugeln, welche in dem Dotter des gelegten Hühnereies vorkommen, mit Vernachlässigung weniger wesentlicher Unterschiede zwei Hauptarten unterscheiden: a) die Kugeln der Dotterhöhle und b) die der eigentlichen Dottersubstanz. Die ersten kommen, aufser in der Dotterhöhle, auch in dem von da zur Keimhaut gehenden Kanale und in dem von Pander Kern des Hahnentritts genannten Hügelchen vor. Sie zeigen, wenn viele zusammen liegen, eine weifse Farbe, während die eigentlichen Dotterkugeln alsdann gelb erscheinen. Auch mikroskopisch unterscheiden sie sich von den letzteren (s. Tab. II. Fig. 2). Es sind vollkommen runde Kugeln mit ganz glatten Rändern, welche in sich eine kleinere, ebenfalls ganz runde Kugel enthalten, die sich durch ihre scharfen Konturen auszeichnet und wie ein Fetttropfen aussieht.

Der übrige Raum der grofsen Kugel ist gewöhnlich durchsichtig, nicht körnig. Doch kommen auch welche vor, die einen körnigen Inhalt haben und dann ganz den eigentlichen Dotterkugeln gleichen, nur dafs letztere mei-

stens keine mit so dunkeln Konturen versehene kleinere Kugel enthalten. In den Kugeln der Dotterhöhle kommen zuweilen auch zwei oder mehrere solcher kleineren Kugeln vor. Die Kugeln der eigentlichen Dottersubstanz oder die gewöhnlichen Dotterkugeln unterscheiden sich dadurch von den vorigen, dafs sie im Ganzen gröfser sind, sämmtlich einen körnigen Inhalt haben und dafs sie meistens keine kleinere Kernkugel enthalten. Sie sind sehr empfindlich gegen Wasser, wodurch sie zerfallen, so dafs die in ihnen enthaltenen Körnchen frei werden und dem Wasser eine milchweifse Farbe mittheilen. Diese Körnchen sind von verschiedener Gröfse, den Milchkörnchen ähnlich und zeigen auch, wie schon vielfach beobachtet wurde, wie sie eine lebhafte Molekularbewegung. Man mufs diese Dotterkugeln, wegen ihrer Empfindlichkeit gegen Wasser, mit Eiweifs oder dünner Kochsalzlösung untersuchen, worin sie sich besser erhalten. Diese Flüssigkeiten färben daher auch die Oberfläche eines in ihnen geöffneten Dotters nicht weifs, wie das Wasser. Unter dem Kompressorium zerquetscht, reifst die Kugel ziemlich plötzlich an Einer Seite, während ihre übrigen Ränder glatt bleiben, und nun tritt, ohne dafs der Druck verstärkt wird, eine grofse Menge der in ihnen enthaltenen Kügelchen langsam aus. Diefs deutet auf eine äufsere Membran dieser Kugeln, die aber sehr weich und zart sein mufs. v. Bär, der vier Arten von Dotterkugeln unterscheidet, glaubt auch zuweilen an Dotterkugeln noch unreifer Eier des Eierstocks, eine solche gesehen zu haben. Isolirt sind die Dotterkugeln rund, aber in ihrer natürlichen Lage im Dotter platten sie sich gegen einander zu eckigen Formen ab, wodurch die von Purkinje beobachteten krystallähnlichen Körper des gekochten Dotters entstehen. Diese Körper setzen gewöhnlich die ganze eigentliche Dottersubstanz eines frischen Eies zusammen, so dafs, aufser dem Inhalt der Dotterkugeln, gewöhnlich keine feinkörnige Substanz frei im Dotter vorkommt. Die feinkörnige Substanz, die man aufser den Dotterkugeln be-

sonders nach Behandlung mit Wasser sieht, scheint gewöhnlich und an den äufseren Dotterschichten immer nur durch Zerstörung von Dotterkugeln hervorgebracht zu werden. Doch findet man an einem gekochten Ei auch oft geronnene Substanz, eben solche Körnchen, wie die Dotterkugeln enthaltend, in der Nähe der Dotterhöhle, und diefs scheint wirklich freie, nicht in Kugeln enthaltene Dottersubstanz zu sein.

Um nun die Bildung dieser beiden Arten von Kugeln, nämlich der Dotterhöhle und der Dottersubstanz, und die Entstehung der Dotterhöhle und ihres Kanals kennen zu lernen, mufs man die Eier im Eierstock untersuchen. Die jüngeren, etwa von 1 bis 2 Linien Durchmesser, sind graulich weifs, nicht gelblich. Schneidet man ein solches Ei unter Wasser in der Mitte durch, so findet man darin eine dickflüssige graulich-weifse Masse, welche zum Theil langsam ausfliefst. Um diese Masse liegt eine konsistentere, zusammenhängende, membranenartige Schicht, welche die Höhle des Eichens auskleidet. Bringt man von jener Masse etwas unter das Mikroskop, so sieht man darin viele runde, sehr durchsichtige Bläschen oder Zellen, von denen jedes ein dunkles Körperchen enthält, das wie ein Fettkügelchen aussieht. Viele solcher Kügelchen schwimmen frei, und aufserdem ist viel feinkörnige Substanz da. Um aber jene Masse mehr im natürlichen Zustande zu untersuchen, mufs man die Anwendung von Wasser vermeiden. Man bringe ein Eichen von etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Linie Durchmesser auf den trocknen Objektträger, steche das Eichen an und lasse einen Tropfen seines Inhaltes auslaufen. Dieser besteht nun ganz aus sehr blassen Zellen von der verschiedensten Gröfse, und jede Zelle enthält ein rundes Kügelchen, welches ungefähr mit der Gröfse der Zelle im Verhältnifs steht. Dieses Kügelchen oder dieser Kern sieht durch seine dunkelen Konturen einem Fettkügelchen ähnlich (s. Tab. II. Fig. 3). Viele dieser Zellen mit ihrem Kern sind so klein, dafs, wenn sie dicht zusammenliegen, man sie für eine blofs feinkör-

nige Substanz ansehen könnte; bei günstigem Lichte erkennt man aber die Zellen darin. Einige der gröfsern enthalten zuweilen zwei oder drei solcher dem Fett ähnlichen Kügelchen. Der Inhalt der Zellen ist meistens vollkommen durchsichtig, doch zeigen sich auch einzelne, in denen sich ein feinkörniger Niederschlag gebildet hat. Diese Zellen sind in dem Eichen in ein Wenig einer durchsichtigen Flüssigkeit enthalten. Um das etwas verschiedene Ansehen zu erklären, welches der Inhalt des Eichens nach der Berührung mit Wasser annimmt, bringe man ein kleines Eichen mit einem Tropfen Wasser auf ein Gläschen, drücke etwas von dem Inhalt des Eichens aus und beobachte dann schnell unter dem Mikroskop. Man sieht dann eine Menge dieser Zellen in dem Wasser platzen, und zwar ganz plötzlich, so wie eine Seifenblase in der Luft. Wegen der Blässe der Zellen wird man auf das Platzen derselben zuerst durch die plötzliche Bewegung des Kerns aufmerksam gemacht. Der Kern und etwas feinkörnige Substanz bleibt zurück. Wären diese Zellen solid, wenn auch noch so weich, so wäre ein solches plötzliches Zerspringen nicht möglich. Es sind also wahre Zellen. Ob das in ihnen enthaltene Kügelchen die Bedeutung des Kerns hat, weifs ich nicht. Obgleich es einem Fettkügelchen ähnlich sieht, so scheint es doch kein Fett zu sein; denn bringt man auf einen Tropfen des Inhaltes des Eichens Essigsäure, so erhalten sich darin die Zellen ziemlich gut, und das Körperchen wird blässer und schwillt etwas auf, was beim Fett wohl nicht der Fall sein würde. Diese Zellen nun sind die spätern Kugeln der Dotterhöhle in ihrem weniger entwickelten Zustande. Die gröfseren sind ihnen schon ganz ähnlich. Diese Kugeln der Dotterhöhle sind also ebenfalls Zellen. Ihre Kernkugeln verhalten sich gegen Essigsäure eben so, wie im früheren Zustande. Sie liegen nicht central, sondern an der inneren Fläche der Zellenwand, wie man sieht, wenn man die Zellen unter dem Mikroskop rollen läfst. Im ruhenden Zustande liegen aber die Zellen gewöhnlich

so, dafs die Kernkugel den tiefsten Punkt einnimmt, wahrscheinlich weil sie der schwerste Theil der Zelle ist, und defshalb sieht es aus, als ob die Kernkugel in der Mitte der Zelle liege. Der Dotter enthält Anfangs nur die Dotterhöhle mit ihren Zellen. Die eigentliche Dottersubstanz mit ihren Kugeln existirt noch nicht. Die Farbe dieser jungen Eichen ist daher auch weifs, wie der Inhalt der Dotterhöhle.

Die membranartige Schicht, welche den beschriebenen Inhalt des Eichens umgiebt, läfst sich leicht an einem in der Mitte durchgeschnittenen Eichen von ihrer äufseren Umgebung ganz trennen. Sie hängt nicht damit zusammen, und ist auf ihrer äufseren Fläche ziemlich glatt, wenigstens für das unbewaffnete Auge; nach innen verliert sie sich allmählig. Ihre Struktur ist eigenthümlich. Purkinje, der sie entdeckte, beschreibt sie als aus Kügelchen bestehend, an Gröfse und Gestalt den Blutkörperchen ähnlich, aber durchsichtiger als diese. Wenn man sie auf einem Glasplättchen ausbreitet und mikroskopisch untersucht, so sieht man, dafs sie aus zwei Theilen besteht, einer inneren feinkörnigen Lage und einer äufsern Zellenschicht. In der inneren Lage sieht man viele kleine Körnchen, aussehend wie die Kerne der oben beschriebenen Zellen der Dotterhöhle im jüngsten Zustande, und ich vermuthe, dafs gerade aus dieser Lage sich die Zellen der Dotterhöhle hervorbilden, so dafs diese Lage eigentlich noch zur Dotterhöhle gehört. Die äufsere Schicht besteht aus kleinen runden körnigen Zellen, von denen jede einen Kern enthält, der an vielen noch ein oder zwei Kernkörperchen zeigt. Solcher Zellenschichten liegen zwei oder drei über einander. Um diese Zellenschichte liegt aufsen eine sehr durchsichtige, vollkommen strukturlose Haut, welche eine geschlossene Zellenmembran darstellt und eben so wenig mit dem Eierstock als mit jener Zellenschicht Zusammenhang hat, und als Dotterhaut angesprochen wird. Sie löst sich eben so leicht vom Eierstock, wie von jener Zellenschichte, und letztere

kann daher auch nicht ein bloſses Epithelium derselben sein.

Untersucht man nun gröſsere, schon gelb gefärbte Eier des Eierstocks von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und gröſser, indem man sie in der Mitte unter Wasser durchschneidet, so findet man im Inneren eine weiſse Substanz, die Dotterhöhle. Sie enthält die Zellen, die Anfangs allein den Inhalt des Eichens bildeten, in mehr entwickeltem Zustande. Um diese erscheint eine Lage gelber Substanz die eigentliche Dottersubstanz, und um diese wieder liegt die Zellenschicht. In der eigentlichen Dottersubstanz erkennt man unter dem Mikroskop Kugeln, wie in der Dottersubstanz des erwachsenen Dotters. Diese haben sich also zwischen der Dotterhöhle und der zelligen Schicht gebildet. Es fragt sich nun aber, wie? Daraus, daſs der innerste Theil des Dotters, die Dotterhöhle, das Erste ist, was sich vom Dotter bildet, kann man schon vermuthen, daſs auch die innersten Dotterkugeln die ältesten sind, und die Bildung der neueren Dotterkugeln auſsen an der inneren Fläche der Zellenschicht vor sich geht. Bringt man nun ein Stückchen der Zellenschichte unter das Mikroskop, so das die innere Fläche dem Auge zugekehrt ist, und sucht man eine solche Stelle aus, wo eine dünne Lage Dottersubstanz der Zellenschichte anhängt, so sieht man in der That, daſs die Dotterkugeln in der Nähe der Zellenschichte kleiner werden, im übrigen ihr Ansehen ziemlich behalten. Die kleinsten, unmittelbar auf der inneren Fläche der Zellenschicht, sind noch kleiner als die Zellen der Zellenschicht selbst. Es ist daher höchst wahrscheinlich, daſs die Bildung der neuen Dotterkugeln an der inneren Fläche der Zellenschicht vor sich geht, daſs sich die Kugeln aber dann ziemlich schnell zu ihrer normalen Gröſse ausdehnen, denn die Schicht kleiner Kugeln ist nur dünn. Inzwischen bilden sich auſsen wieder neue Kugeln, bis der Dotter seine normale Gröſse erreicht hat. Auf diese Weise erklärt sich nun auch die Entstehung des von der Dotterhöhle nach dem Keimbläschen

führenden Kanals. Da nämlich, wo das Keimbläschen und die Grundlage der Keimhaut an der Zellenschicht sich befinden, kann keine Bildung von Dotterkugeln vor sich gehen, sondern es bleibt hier in jeder Lage von Dotterkugeln eine Lücke, die bei der zunehmenden Dicke der Dottersubstanz zu einem Kanal wird, der von der Dotterhöhle nach der Keimhaut führen mufs, und in diesen Kanal drängen sich Zellen der Dotterhöhle hinein. Sind nun diese Kugeln der eigentlichen Dottersubstanz Zellen? Ich kann diefs nicht definitiv beweisen. Aber folgende Gründe machen es wahrscheinlich: 1) weil v. Bär an einigen eine äufsere Membran beobachtet zu haben glaubt; 2) weil sie, unter dem Kompressorium an Einer Stelle gesprengt, ohne Verstärkung des Druckes einen grofsen Theil ihres Inhaltes auf einmal entleeren; 3) weil sie trotz dem, dafs sie im Dotter dicht zusammenliegen und sich gegen einander abplatten, nicht zusammenfliefsen; 4) weil sie manchen, mit einem körnigen Inhalt versehenen Zellen der Zellenhöhle so ähnlich sind; 5) weil sie, wie die Zellen, selbstständig zu wachsen scheinen. Diese Gründe dürften hinreichen, die zellige Struktur der Dotterkugeln wahrscheinlich zu machen, aber für entscheidend lassen sie sich nicht anerkennen. Insofern aber alle den Inhalt einer gröfseren Zelle bilden, ist es für unsern Zweck auch nicht gerade nothwendig, dafs sie bestimmt als Zellen nachgewiesen werden. Sowohl die entschiedenen Zellen der Dotterhöhle, als diese problematischen der eigentlichen Dottersubstanz, wachsen selbstständig innerhalb einer Flüssigkeit und innerhalb einer anderen Zelle. Es sind Zellen in Zellen. Wenn auch die Entstehung neuer Zellen nur aufsen statt findet, so sind sie doch von der organisirten Substanz nicht nur durch die Zellenmembran des ganzen Eies, sondern auch durch die unmittelbar unter dieser liegende Zellenschichte getrennt. Wir haben also hier ein Entstehen und selbstständiges Wachsen von Zellen innerhalb einer Flüssigkeit ganz wie es das oben aufgestellte Grundphänomen ausspricht. Es wäre zu untersuchen, ob nicht

die von Bär, Rusconi u. A. beschriebene Spaltung des Dotters bei der Entwicklung niederer Thiere, z. B. der Froscheier, auch auf einem Zellenbildungsprocefs beruht, indem sich innerhalb des Dotters zunächst zwei Zellen entwickeln, in jeder derselben wieder zwei neue u. s. f.

Betrachten wir nun die Veränderungen, welche die äufsere Schichte der mit einem Kern versehenen Zellen erleidet. Diese ganze Membran, wenn man sie so nennen darf, scheint bei Eiern von 1 Linie Durchmesser blofs aus solchen Zellen zu bestehen. In weiter entwickelten Eiern von mehr als $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser besteht sie aber aus zwei Schichten, von denen die äufsere körnig ist und keine Zellen mehr zeigt, die innere aber aus Zellen besteht, die platt, sechseckig, aber auch körnig sind und sich zu der äufsern Schichte wie ein Ueberzug von Epithelium verhalten. Die äufsere Schichte läuft über das Keimbläschen und die Anlage der Keimhaut weg, so dafs diese sich von der inneren Fläche der äufseren Schichte ohne Verletzung derselben leicht entfernen lassen. Die innere Zellenschicht dagegen ist an der Stelle, wo die Keimhaut liegt, unterbrochen. Die Art, wie diese äufsere Körnerschichte entsteht, habe ich nicht in allen Punkten verfolgt; ich vermuthe, dafs sie sich durch Verschmelzung der äufseren Zellen bildet, welche die ursprünglich blofs zellige Membran zusammensetzten. Wenn sich das Ei seinem Austritt aus dem Eierstock nähert, so verschwindet allmählig die epitheliumartige Zellenschicht und es bleibt blofs die körnige Membran übrig. Sie zeigt selbst an Eiern, die zu diesem Austritt fast reif sind, keine Neigung, sich mit der strukturlosen äufseren Haut des Eies zu vereinigen. Schneidet man ein solches Ei unter Wasser auf und zieht die vom Eierstock herrührenden Integumente ab, so bleibt diese körnige Haut oft auf dem Dotter liegen, während die strukturlose Haut jenen Integumenten folgt und dort leicht nachgewiesen werden kann, wenn man sie so faltet, dafs die innere Fläche einen scharfen Rand bildet. Man sieht dann unter dem Kompressorium diese strukturlose

Haut sich an diesem Rande hervorwölben. Auch trennt sie sich dabei oft in gröfsern Stücken, so dafs sie mit den dem Eierstock angehörigen Theilen auch nicht zusammenhängt. Wenn diese Haut die Bedeutung der Dotterhaut hat, so mufs erst im Eileiter eine Verschmelzung derselben mit jener Körnerschichte zur späteren Dotterhaut des gelegten Eies eintreten.

Gehen wir nun zu dem Theile des Eies über, woraus sich zunächst der Embryo bildet, zur Keimhaut. Sie stellt bekanntlich ein etwas über eine Linie breites rundes weifses Scheibchen dar, welches zwischen der Dotterhaut und der Dottersubstanz liegt. Dieses Scheibchen besteht an einem frisch gelegten Hühnerei aus Kugeln, welche an verschiedenen Stellen der Keimhaut von ungleicher Gröfse sind. Sie erscheinen unter dem Mikroskop viel dunkler als die Dotterkugeln (s. Tab. II. Fig. 4). Sie liegen dicht zusammen, so dafs sie sich zu einer sechseckigen Form gegen einander abplatten. Die Grenzen der einzelnen Kugeln lassen sich auch im Zusammenhange deutlich unterscheiden. Auch können sie leicht von einander isolirt werden und sind dann rund. Sie enthalten viele kleinere runde Körnchen von verschiedener Gröfse, mit sehr dunkeln Konturen, die beim Zerpressen der Kugeln einzeln umher schwimmen. Obgleich diese Körnchen meistens die Kugeln ganz füllen, so sieht man doch auch andere Kugeln, wo diefs nicht der Fall, sondern ein Theil der Kugel durchsichtig und körnerlos ist (a b der Figur). An einer dieser Kugeln (a) glaubte ich deutlich eine doppelte äufsere Kontur zu bemerken, was für das Vorhandensein einer Zellenmembran spräche. An den meisten ist diefs aber nicht deutlich, und dafs diese Kugeln Zellen sind, schliefse ich hauptsächlich daraus, weil sie sich doch höchst wahrscheinlich zu den deutlich nachweisbaren Zellen der bebrüteten Keimhaut entwickeln. Ich habe diesen Prozefs indessen nicht vollständig verfolgt, und theile hier nur die Beobachtungen unvollständig, wie sie sind, mit. Faltet man die unbebrütete Keimhaut, so dafs die äufsere

Fläche derselben einen scharfen Rand bildet, so findet man diese Fläche ziemlich eben, dunkel und unmittelbar von den beschriebenen Kugeln der Keimhaut gebildet. Eben so verhält sich die äufsere Fläche der Keimhaut eines vier Stunden der Brutwärme ausgesetzten Eies. Auch von der Fläche aus betrachtet sieht eine solche bebrütete Keimhaut von einer unbebrüteten nur wenig verschieden aus. Die Kugeln, aus denen sie besteht, scheinen nur einen mehr feinkörnigen Inhalt zu haben. Faltet man aber die Keimhaut eines acht Stunden *) der Brutwärme ausgesetzten Eies, so dafs ihre äufsere Fläche den Rand bildet, so ist dieser Rand jetzt schon an vielen Stellen nicht mehr dunkel und eben, sondern wird von äufserst blassen durchsichtigen Zellen gebildet. Diese kommen von allen Gröfsen vor bis zur Gröfse der ursprünglichen Keimhautkugeln und noch gröfser. Sie ragen entweder als Halbkugeln oder auch mit dem gröfsten Theil ihrer sphärischen Flächen hervor, und lassen sich auch durch Druck ganz trennen. Sie enthalten eine durchsichtige Flüssigkeit und keinen Kern. Dafs es Zellen sind, geht daraus hervor: Einige enthalten einzelne sehr kleine schwarze Körnchen, wie Brownsche Molekule, welche innerhalb der Zelle Molekularbewegung zeigen. Diefs beweist, dafs der Inhalt der Zelle flüssig sein mufs. Eine mit Wasser mischbare

---

*) So wenig die Bildung der area pellucida, des Embryo und seiner einzelnen Theile genau an eine bestimmte Stunde der Bebrütung gebunden ist, so wenig läfst sich auch für eine bestimmte Entwicklungsstufe der Elementarzellen der Keimhaut eine bestimmte Zeit angeben. Die angegebenen Zeiten sollen daher auch nur als ungefähre Zeitbestimmungen gelten. Ja selbst in der unbebrüteten Keimhaut scheinen sich die Zellen nicht immer auf derselben Entwicklungsstufe zu befinden. So stellt Tab. II. Fig. 4 c. eine Zelle aus einer anderen Keimhaut dar als Fig. 4. a b. Ein grofser Theil dieser Keimhaut bestand aus solchen Zellen, und in einigen glaubte ich an den darin enthaltenen Körnchen Molekularbewegung zu bemerken, wodurch sie sich offenbar als Zellen legitimiren würden.

Flüssigkeit aber kann sich in Wasser nicht geformt erhalten, wenn sie nicht von einer Membran eingeschlossen ist. Eine solche mufs also auch hier existiren. Es ist nicht ganz leicht sich zu überzeugen, dafs diese Körnchen mit Molekularbewegung wirklich innerhalb der Zellen liegen. Aber man sieht es daraus, dafs sie nicht fortfliefsen, wenn man die umgebende Flüssigkeit fliefsen läfst, und dafs sie nicht über die Zelle hinaus, sondern nur bis an die Wand der Zelle und wieder zurück sich bewegen. Unter dieser Zellenschicht liegen die Kugeln der unbebrüteten Keimhaut, die aber noch heller und feinkörniger geworden zu sein scheinen als in der vier Stunden bebrüteten Keimhaut. Aufserdem sieht man einzelne Zellenkerne, wie sie später in den Zellen des serösen Blattes vorkommen und in Tab. II. Fig. 6. zu sehen sind. Nach innen von dieser Schichte liegen ganz dunkle Kugeln. Bei einem 16 Stunden bebrüteten Ei hat sich nun das seröse und Schleimblatt der Keimhaut ausgebildet. Faltet man eine solche Keimhaut, um ihre äufsere Fläche zu sehen, so erkennt man, dafs sie von Zellen gebildet wird, die als Halbkugeln hervorragen (Tab. II. Fig. 5). An einigen ist ein Kern zu erkennen von der charakteristischen Form. Er liegt an der inneren Fläche der Wand der Zellen an, ist rund und enthält noch ein oder zwei Kernkörperchen. An den meisten sieht man keinen Kern, entweder weil er nicht vorhanden ist oder weil er an der hinteren Seite der Zelle liegt, wo er wegen der darunter liegenden dunkeln Substanz nicht erkannt werden kann. Die Zellen enthalten aufserdem eine durchsichtige Flüssigkeit und einige kleine Körnchen mit Molekularbewegung, und eben aus dieser Molekularbewegung folgt die Existenz einer eigenthümlichen Zellenmembran. Spült man, nachdem die Keimhaut etwas in Wasser gelegen hat, das Schleimblatt ab, so kann man diese Zellen auch von der Fläche aus betrachten. Man sieht dann, dafs sie dicht an einander liegen und sich zu einer sechseckigen Form gegen einander abplatten (s. Tab. II. Fig. 6). Sie enthalten einen schö-

nen Kern, der noch ein oder zwei Kernkörperchen zeigt. Aufserdem kommen viele feine Körnchen in ihnen vor, die in der Zelle Molekularbewegung zeigen. Die Zellen lassen sich auch an der frischen Keimhaut sehen, besonders an dem Rande derselben, wo die Keimhaut durchsichtiger wird. Sie ragen dort mit grofsen Kugelsegmenten hervor. Diese Zellen stellen nun das seröse Blatt der Keimhaut dar, welches also aus runden, nur durch ihr dichtes Zusammenliegen sich zu einer polyedrischen Form abplattenden, an ihrer inneren Wandfläche mit dem charakteristischen Zellenkern versehenen Zellen besteht, die eine helle Flüssigkeit und nur einzelne kleinere Körnchen enthalten. Man könnte denken, dafs diese Zellen etwa ein blofser Epitheliumüberzug des serösen Blattes wären. Allein trennt man das seröse Blatt, nachdem sich das Blut gebildet hat, z. B. an einem 48 Stunden bebrüteten Ei, so bleibt das Gefäfsblatt unmittelbar auf dieser Zellenschichte liegen. Valentin hat diese Zellenkerne schon gekannt, indem er sagt, dafs von den drei Blättern der Keimhaut jedes aus einer durchsichtigen glasartigen Gallerte bestehe, dafs sie sich aber durch die darin enthaltenen Körperchen unterscheiden. Die im serösen Blatt seien einzeln zerstreut, durchsichtig und weifs, von zierlicher, bestimmt runder oder länglicher Form (Entwicklungsgeschichte S. 287). Diese Körperchen sind die Zellenkerne, die durchsichtige Substanz, worin sie liegen, wird von den Zellen zusammengesetzt, und ist nur scheinbar eine blofse Gallerte. Die Zellen haben nur ein Minimum von Intercellularsubstanz zwischen sich.

Betrachten wir nun das Schleimblatt der Keimhaut eines 16 Stunden bebrüteten Eies, so findet man darin Kugeln von sehr verschiedener Gröfse und manchfaltigem Ansehen (s. Tab. II. Fig. 7). Die grofsen Kugeln, welche die Hauptmasse bilden, lassen sich als Zellen nachweisen, und von Bär nennt sie schon Bläschen. Die Molekularbewegung, welche zwar viel schwächer als an den Zellen des serösen Blattes, doch oft an einzelnen Kügelchen in-

nerhalb dieser Zellen des Schleimblatts sichtbar ist, beweist, dafs sie wirklich Zellen sein müssen. Diese Zellen enthalten eine durchsichtige Flüssigkeit und Körnchen verschiedener Art. Fast in jeder zeichnet sich Eine Kugel mit sehr dunkeln Konturen aus, wie in den Zellen der Dotterhöhle. Dieser Kugeln finden sich oft mehrere in einer Zelle, und zwar in allen Abstufungen der Gröfse. Aufserdem findet sich in vielen Zellen noch eine feinkörnige Substanz. Diese Zellen liegen ziemlich locker zusammen in einer strukturlosen zähen Intercellularsubstanz als ihrem Cytoblastem, so dafs sie sich in dieser Periode noch wenig gegen einander abplatten. Diese Intercellularsubstanz enthält aufserdem noch ganz dunkle Kugeln und kleinere Körnchen, von denen ich nicht weifs, in welchem Verhältnifs sie zu den Zellen stehen. Zum Theil sind sie vielleicht Kerne neuer Zellen. Doch konnte ich nicht entscheiden, ob die eine dunkle Kugel, die sich gewöhnlich in den Zellen des Schleimblattes besonders auszeichnet, wirklich die Bedeutung eines Zellenkerns hat. Sie weicht von den gewöhnlichen Zellenkernen sehr in ihrer Form ab. Bei der weiteren Entwicklung der Keimhaut nimmt die Menge der Intercellularsubstanz und der nicht als Zellen nachweisbaren Kügelchen sehr ab, so dafs später die Zellen dicht zusammenliegen und das Ansehen des Pflanzenzellgewebes gewähren. Die hier gegebene Beschreibung gilt nur von dem Schleimblatt aufser der area pellucida. In dieser aber haben die Zellen ein ganz anderes Ansehen. Sie sind bei weitem kleiner, von ziemlich gleicher Gröfse, sehr durchsichtig, enthalten keinen grobkörnigen Inhalt, sondern nur sehr kleine Kügelchen. Ein Kern scheint ihnen zu fehlen, und dadurch unterscheiden sie sich von den Zellen des serösen Blattes, welche auch in der area pellucida einen Kern haben.

Die ersten Rudimente des Embryo scheinen aus den Zellen des serösen und Schleimblattes der Keimhaut, wie sie in der area pellucida vorkommen, gebildet zu werden, so dafs er theils aus kleinen kernlosen Zellen, theils aus

Zellen, die mit dem charakteristischen Kern versehen sind, zusammengesetzt wird. Aufserdem kommen in ihm aber noch eine aufserordentliche Menge blofser Zellenkerne mit Kernkörperchen vor, um die sich noch keine Zellen gebildet haben.

Ueber die Struktur des Gefäfsblattes habe ich nur wenige Untersuchungen angestellt, und konnte dabei, aufser den Gefäfsen selbst und dem Blut, keine so wesentlichen Unterschiede von dem Schleimblatt finden, als zwischen dem Schleimblatt und serösen Blatt sich zeigte. Auf die Gefäfsbildung selbst aber, die ebenfalls auf einer Zellenbildung zu beruhen scheint, werden wir, da es kein der Keimhaut eigenthümlicher Procefs ist, später zurückkommen.

In welchem Verhältnifs nun diese Zellen der Blätter der Keimhaut zu den ursprünglichen Kugeln der unbebrüteten oder 8 Stunden bebrüteten Keimhaut stehen, habe ich nicht ermittelt; aber insofern als es wahrscheinlich ist, dafs wenigstens Eine dieser Zellenarten der Entwickelung jener Kugeln ihren Ursprung verdankt, darf man vermuthen, dafs jene Kugeln ebenfalls Zellen sind. —

Um nun die Veränderungen, welche das Ei von seiner Entstehung bis zur anfangenden Entwicklung des wirklichen Embryo erleidet, ganz in der Kürze schematisch so darzustellen, wie man sich nach den mehr oder weniger vollständigen Beobachtungen vorläufig den Entwicklungsgang vorstellen kann, wollen wir die Ansicht zu Grunde legen, dafs das Keimbläschen der Kern der Dotterzelle ist, wobei wir aber über die Zuverlässigkeit sowohl dieses Punktes, als jedes einzelnen in der folgenden Darstellung vorkommenden Momentes ausdrücklich auf die bisher gelieferte ausführlichere Auseinandersetzung verweisen. Vermuthlich ist zuerst das Keimbläschen vorhanden, und um dieses als Zellenkern bildet sich die Dotterzelle. Keimbläschen und Dotterzelle wachsen, jedoch die Dotterzelle viel stärker als das Keimbläschen. Um das Keimbläschen entsteht ein Niederschlag, der Anfang der Keimhaut.

Gleichzeitig bilden sich im übrigen Raum der Dotterzelle junge Zellen, die Zellen der späteren Dotterhöhle. Dann entsteht unter der Dotterhaut eine andere Art von Zellen, die späteren Zellen der eigentlichen Dottersubstanz. Sie bilden sich ringsum in der Nähe der Dotterhaut, nur nicht da, wo das Keimbläschen und die Grundlage der Keimhaut liegt. Diese Zellen dehnen sich sehr schnell aus, während zugleich nach aufsen von ihnen eine neue Lage sich bildet u. s. w. So umgeben sie die weifsen Zellen der Dotterhöhle mit einer dicker werdenden Lage gelber Zellen, in der nur entsprechend der Stelle, wo das Keimbläschen und die Keimhaut liegt, eine Lücke bleibt, die bei zunehmender Dicke der Dottersubstanz zu einem Kanal wird. Die Dotterhaut wächst dabei fortwährend, so wie der sich vermehrende Inhalt es erfordert. Wenn die Dotterzelle ihre gehörige Gröfse erreicht hat und das Ei den Eierstock verläfst, so schwindet das Keimbläschen wie die meisten anderen Zellenkerne, und die nun mehr entwickelte Keimhaut bleibt zurück. Sie besteht aus Kugeln, wahrscheinlich Zellen, mit einem grobkörnigen Inhalt. Sie wächst bei der Bebrütung durch beständige Entwicklung neuer Zellen. An der 16 Stunden bebrüteten Keimhaut ist ein Unterschied in den Zellen derselben zu bemerken. Die äufseren bilden eine Schichte, in denen die Zellen einen Kern von der charakteristischen Form zeigen und viel durchsichtige Flüssigkeit und einzelne kleine Körnchen enthalten. Diese Zellen sind daher hell, sie hängen fest zusammen und haben nur ein Minimum von Intercellularsubstanz zwischen sich. Sie stellen das seröse Blatt der Keimhaut dar. Die untere Schichte der Keimhaut oder das Schleimblatt enthält Zellen anderer Art; sie haben keinen Kern von der charakteristischen Form, sondern enthalten eine oder mehrere dunkle Kugeln und oft aufserdem feinkörnige Substanz. Diese Zellen liegen lokker zusammen in einer gröfseren Menge von Intercellularsubstanz, welche aufserdem noch kleinere Körnchen verschiedener Art enthält. Nachdem nun in der Mitte der

so getheilten und ihrer Fläche nach bedeutend vergröfserten Keimhaut sich eine durchsichtigere Stelle, die area pellucida, gebildet hat, in der die Zellen des Schleimblattes viel kleiner, aber unter sich von ziemlich gleicher Gröfse sind und einen durchsichtigen Inhalt und einzelne sehr kleine Körnchen enthalten, entsteht auf die bekannte Weise der Embryo als ein von der ganzen Keimhaut sich abschnürender Theil. Beide Blätter tragen zur Bildung desselben bei, und er besteht daher aus kleinen durchsichtigen Zellen, von denen einige (wahrscheinlich die dem Schleimblatt angehörigen) keinen Kern enthalten, andere (die vom serösen Blatt herrührenden) den charakteristischen Zellenkern mit seinen Kernkörperchen zeigen. Aufserdem enthält er noch eine Menge Kerne, um die sich noch keine Zellen gebildet haben. Zwischen den beiden Blättern der Keimhaut entstehen dann noch Zellen, von denen später die Rede sein wird, die man als ein drittes Blatt, das Gefäfsblatt, betrachten kann, obgleich sie eigentlich kein zusammenhängendes, für sich bestehendes Blatt bilden. Diese drei Blätter und vorzugsweise die beiden ersten bilden nun die mittelbare Grundlage aller späteren Gewebe.

Der Dotter ist für den Embryo kein todtes Nahrungsmittel, wie etwa ein von einem Erwachsenen genossener Dotter für diesen Organismus todt ist und chemisch aufgelöst werden mufs, sondern die Dotterzellen nehmen an dem bei der Bebrütung erwachenden Leben Theil. Sie bewirken eine Veränderung ihres Inhaltes, wobei das in ihnen enthaltene Eiweifs seine Gerinnbarkeit verliert und die Körnchen aufgelöst werden, so wie sich beim Pflanzenembryo die Stärkmehlkörnchen in den Zellen auflösen. Kurz der Dotter verhält sich zum Embryo in Beziehung auf seine ernährende Eigenschaft, wie das Eiweifs des Pflanzenembryo zu diesem.

Alle Veränderungen des Eies, das Wachsthum der Keimhaut und selbst die erste Bildung des Embryo gehen ganz ohne Gefäfse nach Analogie der Pflanzenzellen vor sich.

Zweite Abtheilung.

Bleibende Gewebe des thierischen Körpers.

Hat uns die vorige Untersuchung gelehrt, dafs das ganze Eichen von seiner Entstehung bis zu dem Zeitpunkt, wo durch die Ausbildung des serösen und Schleimblattes der Keimhaut die Grundlage aller späteren Gewebe gegeben ist, nur eine beständige Bildung und Weiterentwicklung von Zellen zeigt, haben wir diese gemeinsame Grundlage aller Gewebe selbst aus Zellen zusammengesetzt gefunden: so kommt es nun darauf an, nachzuweisen, dafs nicht nur in dieser Allgemeinheit die Gewebe aus Zellen entstehen, sondern dafs die specielle Grundlage jedes einzelnen Gewebes aus Zellen zusammengesetzt wird, und alle Gewebe entweder blofs aus Zellen bestehen, oder durch manchfache Umwandlungen, welche die Zellen erleiden, sich aus solchen hervorbilden. Diese Modifikationen, welche die Zellen bei ihrer weitern Entwicklung zu den späteren Geweben zum Theil erleiden, sind sehr wesentlich, so dafs nicht selten dadurch die Zellen als getrennte selbstständige Gebilde zu existiren aufhören. Wir haben solche Veränderungen schon in der Einleitung bei den Pflanzen gesehen, z. B. an der von Schleiden beobachteten Verschmelzung der Zellenwände in der Rinde der Cacteen, an der Verschmelzung mehrerer Zellen zu einer Röhre bei den Spiral- und Milchsaftgefäfsen. In weit höherem Grade kommt diefs bei den Thieren vor, und überhaupt verliert sich die Selbstständigkeit der Zellen um so mehr, je höher die Dignität eines Gewebes ist. Wir wollen diese Modifikationen aber hier nicht im Voraus aufzählen, sondern sie als Resultat der Beobachtung an den einzel-

nen Geweben kennen lernen und am Schlufs zu einem zusammenhängenden Bilde des Zellenlebens zusammenfügen. Jedoch ist es Behufs einer Eintheilung der Gewebe nothwendig, die wichtigsten hier wenigstens vorläufig namhaft zu machen.

Da das Grundgebilde aller organischen Struktur die Zelle ist, so würde die am meisten wissenschaftliche Eintheilung der allgemeinen Anatomie offenbar die sein, welcher der mehr oder weniger hohe Grad von Entwicklung, welche die Zellen zur Bildung eines Gewebes eingehen müssen, zur Grundlage dient. Als Maafsstab für den Grad der Entwicklung von Zellen dürfte aber das zu betrachten sein, ob die Zellen ihre Individualität vollständig beibehalten oder mehr oder weniger aufgeben. Selbstständige Zellen nennen wir solche, wo die Wand der Zelle in ihrer ganzen Ausdehnung von den benachbarten Gebilden unterscheidbar bleibt. Verschmolzene Zellen sind solche, wo die Wand der Zellen theilweise oder ganz mit den benachbarten Zellen oder der Intercellularsubstanz zu einer homogenen Substanz zusammenfliefst. Die Zellenhöhlen sind dann von einander nur durch eine einfache Wand getrennt, wie wir diefs schon bei den Knorpeln beobachtet haben. Diefs ist der erste Grad der Verschmelzung, wie er auch unter den Pflanzen bei den Cacteen vorkommt. Der zweite Grad ist der, wo die Wände mehrerer der Länge nach aneinander liegender Zellen an ihren Berührungsstellen mit einander verschmelzen und dann die Scheidewand der Höhlen resorbirt wird. So fliefsen nicht nur die Wände, sondern auch die Höhlen der Zellen zusammen, wie unter den Pflanzen bei den Spiral- und Milchsaftgefäfsen.

Nach diesen mehr oder weniger wesentlichen Modifikationen des Zellenlebens erhalten wir folgende Eintheilung der Gewebe: 1) Isolirte selbstständige Zellen, die entweder in Flüssigkeiten sich befinden oder blofs lose und beweglich neben einander liegen. 2) Selbstständige Zellen, zu einem zusammenhängenden Gewebe fest an ein-

ander gelagert. 3) Gewebe, in denen die Zellenwände, nicht aber die Zellenhöhlen mit einander oder mit der Intercellularsubstanz verschmolzen sind; endlich zuletzt Gewebe, in denen die Wände und die Höhlen vieler Zellen zusammenfliefsen. Aufserdem giebt es aber noch eine sehr natürliche Abtheilung von Geweben, nämlich die Faserzellen, wo selbstständige Zellen sich nach einer oder mehreren Seiten in Faserbündel verlängern. Die Natürlichkeit dieser Gruppe wird es entschuldigen, wenn ich ihr die logische Eintheilung zum Opfer bringe und sie als die vierte Klasse einschiebe, wodurch die zuletzt angeführte Klasse, nämlich Gewebe, in denen Zellenwände und Zellenhöhlen verschmelzen, die fünfte wird.

Unter diese fünf Klassen lassen sich alle Gewebe des thierischen Körpers subsumiren. Es kommen indessen manche Schwierigkeiten dabei vor. So würden die Zellgewebefasern und das Fett in ganz verschiedene Klassen gebracht werden müssen, eben so der Zahnschmelz und die eigenthümliche Substanz des Zahns u. s. w. Eine zweite Schwierigkeit ist die, dafs Uebergänge Statt finden, z. B. von den isolirten Zellen zu denen mit verschmolzenen Wänden, und z. B. ein Gewebe, das gewöhnlich aus isolirten Zellen besteht, an einzelnen Stellen auch wohl einmal verschmolzene Zellen zeigt. Allein solche Schwierigkeiten kommen bei allen Eintheilungen von Naturgegenständen vor. Die Natur ist sehr ungefällig, sich in unsere Schemata zu fügen. Ihr Streben und das unseres Verstandes haben ein entgegengesetztes Ziel. Die Natur vereinigt und vermittelt alle Gegensätze durch leise Uebergänge: der Verstand trennt und sucht überall schroffe Gegensätze. Wenn man aber bei jedem einzelnen Gewebe nur auf das Rücksicht nimmt, was das wichtigste Gebilde desselben ist, z. B. bei dem Nervensystem auf die Nervenfasern, nicht auf die Ganglienkugeln, bei dem Zellgewebe auf die Zellgewebefasern, nicht auf das Fett u. s. w., wenn man ferner nur das berücksichtigt, was bei diesen Gebilden die Regel ist, so lassen sich alle Gewebe leicht unter diese fünf Klassen brin-

gen. Der Vollständigkeit wegen habe ich diefs mit allen Geweben gethan, so wie es nach meinen bisherigen Untersuchungen am wahrscheinlichsten schien. Diese Untersuchungen sind indessen bei weitem nicht vollständig, und fortgesetzte Beobachtungen mögen vielleicht in der Zukunft für einzelne Gewebe eine andere Stellung nöthig machen. Hier zunächst eine vorläufige Uebersicht:

I. Klasse. Isolirte selbstständige Zellen. Dahin gehören vorzugsweise die Zellen in Flüssigkeiten: Lymphkügelchen, Blutkörperchen, Schleim- und Eiterkörperchen u. s. w.

II. Klasse. Selbstständige, zu zusammenhängenden Geweben vereinigte Zellen. Hierher das ganze Horngewebe und die Krystalllinse.

III. Klasse. Zellen, bei denen nur die Zellenwände mit einander verschmolzen sind: Knorpel, Knochen und die Zähne wegen ihrer Substantia propria.

IV. Klasse. Faserzellen: Zellgewebe, Sehnengewebe, elastisches Gewebe.

V. Klasse. Zellen, bei denen die Zellenwände und Zellenhöhlen mit einander verschmolzen sind: Muskeln, Nerven, Capillargefäfse.

I. Klasse.

Isolirte selbstständige Zellen.

Wir verstehen darunter Zellen, die entweder in Flüssigkeiten frei schwimmen, oder wenigstens beweglich neben einander liegen. Sie besitzen dadurch den höchsten Grad der Selbstständigkeit. Es gehören dahin die Zellen in der Lymphe, dem Blut und in den verschiedenen Sekreten. In einem System der allgemeinen Anatomie würde das Ei, als auch dahin gehörend, an die Spitze gestellt werden können. Der Plan der vorliegenden Arbeit erforderte aber, es früher abzuhandeln, daher es hier übergangen werden kann.

1) Lymphkörperchen.

Die Lymphkörperchen scheinen nach der Beschreibung von Vogel (physiologisch-pathologische Untersuchungen über Eiter etc. Erlangen 1838) Zellen zu sein, obgleich der Verfasser diefs nicht ausspricht. Nach der Einwirkung von Essigsäure kommt nämlich ein Kern zum Vorschein, von dem ich vermuthe, dafs er nicht durch eine Trennung in Schale und Kern entstanden ist, sondern schon vorgebildet war und nur wegen der gröfsern Durchsichtigkeit, welche die Schale, d. h. die Zellenmembran und ihr Inhalt, durch die Essigsäure erhält, sichtbar wird. Unter den abgebildeten Lymphkörperchen (l. c. Fig. 4. b) scheint Ein Kern in der Mitte ein Kernkörperchen zu enthalten. Eigene Untersuchungen habe ich hierüber nicht angestellt. Die Entstehung der Lymphkörperchen ist noch nicht untersucht. Sie bilden sich wahrscheinlich in der Lymphflüssigkeit als ihrem Cytoblastem nach dem oben ausgesprochenen allgemeinen Gesetz. Ob die Kerne zuerst da sind, und um sie sich erst die Zelle bildet, ist unbekannt. Vielleicht sind die kleinen Körnchen, die Vogel aus der Lymphe abbildet, junge Kerne.

2) Blutkörperchen.

Dafs die Blutkörperchen Bläschen sind, wurde zuerst von C. H. Schultz bewiesen. Er stützt sich besonders auf ihr Verhalten gegen Wasser, wo sie ihren Farbestoff verlieren, aufquellen, rund werden und wo er dann oft den Kern innerhalb des runden, sehr durchsichtigen Bläschens herumrollen sah. Das Letzte würde für sich allein schon entscheidend sein. Ich habe diefs zwar noch nicht beobachtet, der Kern hängt vielmehr in den meisten Fällen bestimmt an der inneren Wandfläche des Bläschens excentrisch wie bei allen Zellen, doch ist es wahrscheinlich, dafs er sich auch zuweilen lösen kann. Aber schon das Aufquellen und Rundwerden der Blutkörperchen macht ihre Natur als Zellen sehr wahrscheinlich. Wäre die Hülle des Blutkörperchens nicht ein abgeplattetes Bläschen, so könnte es in Wasser zwar farblos werden und

aufquellen, aber es würde seine platte Form wie ein aufquellender Schwamm behalten. Dafs der Kern bei dem Aufquellen der Blutkörperchen in Wasser an der Wand bleibt, ist keine blofs zufällige Erscheinung; denn auch bei den runden, noch nicht abgeplatteten Blutkörperchen eines 48 Stunden bebrüteten Hühnchens fand ich die ebenfalls runden Kerne nicht central, sondern an der innern Wandfläche des Blutkörperchens excentrisch liegen. Im Zusammenhange mit dieser ganzen Untersuchung scheint die zellige Natur der Blutkörperchen und die Deutung seiner einzelnen Theile kaum zweifelhaft. Es sind abgeplattete Zellen mit einem Zellenkern, der an einer Stelle der inneren Fläche der Zellenmembran befestigt ist. Die Gröfse der Zelle, im Vergleich mit dem Kern, ist nicht bei allen Blutkörperchen dieselbe, die Gröfse des Kerns is viel konstanter. In Froschblutkörperchen, die in Wasser aufgequollen waren, wollte mir der Keim auch zuweilen hohl erscheinen. Er verliert auch im Wasser seine Abplattung, bleibt aber oval. Kernkörperchen habe ich nicht mit Bestimmtheit daran beobachtet; nur zuweilen glaubt man z. B. an Blutkörperchen vom Salamander etwas der Art zu sehen; doch ist es nicht deutlich genug, um das Vorkommen von Kernkörperchen behaupten zu können. Ein Zelleninhalt mufs jedenfalls da sein; denn lägen die Zellenwände unmittelbar an einander, so müfste das Blutkörperchen an den Rändern neben dem Kern um so viel dünner sein, als die Dicke des Kerns beträgt. Wollte man annehmen, dafs die Zellenmembran neben dem Kern vielleicht um so dicker wäre, dafs dadurch die fast ebenen Seitenflächen hervorgebracht würden, so müfste hier die Zellenmembran eine Dicke haben, gleich der Hälfte der Dicke eines Blutkörperchens. Alsdann aber wäre sie dick genug, um im aufgequollenen Zustande in Wasser doppelte Konturen unterscheiden zu lassen, was aber die Beobachtung widerlegt. Den Zelleninhalt bildet der rothe Farbestoff. Ob auch die Zellenmembran und der Kern gefärbt sind, ist schwer zu entscheiden, ist aber

einigermafsen wahrscheinlich, weil sonst die Mitte des Blutkörperchens, wo der Kern liegt, weifs erscheinen müfste, während sie in der That ein blässeres Roth zeigt. Der Farbestoff in den Blutzellen ist nicht, wie bei den meisten Pigmentarten, in Körnchen, sondern in aufgelöster Form enthalten. Wenn die Lymphkörperchen Zellen sind, so läfst sich ihre Umwandlung in die Blutkörperchen durch Abplattung und Aufnahme von Farbestoff wenigstens vermuthen. Die Blutkörperchen, bei denen die Hülle im Verhältnifs zum Kern kleiner ist, was man oft bei Froschblutkörperchen sieht, sind wahrscheinlich jüngere Zellen. Ueber die Bildung der Blutkörperchen in der Keimhaut habe ich keine Beobachtungen. Nach C. H. Schultz (System der Cirkulation p. 33) entstehen die Blutkörperchen beim Hühnchen um die Dotterkügelchen (?). Diese sind zuerst da und bilden den Kern der Blutkörperchen. Sie umgeben sich mit einer feinen Haut. Das Bläschen erweitert sich nun und plattet sich zuletzt ab. Diese Beschreibung pafst vortrefflich zu den bisher entwickelten Grundsätzen, und Schultz hat also schon 1836 die Präexistenz des Kerns des Blutkörperchens, die Bildung des Blutbläschens um denselben und die allmählige Ausdehnung dieser Bläschen entdeckt.

3) Schleimkörperchen.

Die Schleimkörperchen sind wegen ihrer Aehnlichkeit mit Epitheliumzellen schon als Zellen angesprochen worden. Es sind runde Kügelchen, welche in sich und zwar excentrisch liegend einen Kern enthalten. Wir wissen jetzt, dafs diefs die Elementarform der meisten Thier- und Pflanzenzellen ist, und so dürfen wir auch hier aus der Anwesenheit und charakteristischen Lage des Kerns schliefsen, dafs das ganze Kügelchen eine Zelle ist, obgleich sich eine besondere Zellenmembran nicht unterscheiden läfst. Der Kern der Schleimkörperchen hat die von Güterbock entdeckte Eigenthümlichkeit, durch Essigsäure in zwei oder drei kleinere Körperchen zu zerfallen, wäh-

rend die Schale, d. h. die Zellenmembran, allmählig sich in Essigsäure auflöst. Vogel schreibt diese Eigenschaft zwar nur den krankhaft abgesonderten Schleimkörperchen und den Eiterkörperchen zu. Allein nach einer mündlichen Mittheilung von Henle zeigen die eigentlichen Schleimkörperchen, die nach ihm in gesundem Schleim nur in sehr geringer Zahl vorhanden sind, dieselbe Eigenthümlichkeit, und die nicht auf diese Weise veränderten sind wahre Epitheliumzellen. Die Schleim- und Eiterkörperchen unterscheiden sich dadurch von allen anderen Zellen, da ich ein solches Verhalten gegen Essigsäure noch an keinen anderen Zellenkernen beobachtet habe und nach Henle auch die jüngsten Epitheliumzellen diese Eigenschaft nicht haben, von denen die Schleimkörperchen also bestimmt verschieden sind. Es scheint charakteristisch für alle Zellenkerne, dafs sie in verdünnter Essigsäure unauflöslich sind und selbst nicht einmal durchsichtig werden. Es sind also eigenthümliche Zellen, die in der Schleimflüssigkeit als ihrem Cytoblastem auf dieselbe Weise entstehen, wie z. B. die Dotterzellen in der Flüssigkeit der Dotterkugel. Sie werden häufiger, wenn in der gereizten Schleimhaut das Cytoblastem eine gröfsere Plasticität erhält, während im normalen Zustande den Sekreten nur eine äufserst geringe und z. B. dem Urin, der Galle gar keine plastische Kraft inwohnt, daher sich auch nur wenige Zellen oder gar keine (aufser etwa abgestofsenem Epithelium) darin finden. Ob bei den Schleimkörperchen der Kern vor der Zelle da ist, und worauf die Theilung dieser Kerne durch Essigsäure beruht, habe ich nicht untersucht.

4) Eiterkörperchen.

Die Eiterkörperchen als Zellen zu betrachten, sind wir durch dieselben Gründe berechtigt, wie bei den Schleimkörperchen. Vogel hält sie sogar für identisch mit den nach seiner Ansicht krankhaft abgesonderten, nach Henle aber normalen Schleimkörperchen. Sie theilen mit ihnen

das eigenthümliche Verhalten gegen Essigsäure und können defshalb keine junge Epitheliumzellen sein, bei denen nach Henle das Zerfallen der Kerne durch Essigsäure nicht vorkommt. Nach Vogel sind die Kerne der Eiterkörperchen konkav. Das Zerfallen der Kerne in Essigsäure scheint überhaupt nur bei den Schleim- und Eiterkörperchen vorzukommen. Die Eiterkörperchen sind also wohl eigenthümliche Zellen, die in dem Eiterserum, d. h. in dem bei der Entzündung in gröfserer Quantität und anomaler Mischung ausschwitzenden Cytoblastem, eben so wie die Schleimkörperchen im Schleime und überhaupt nach dem oben ausgesprochenen Grundphänomen alle Zellen in ihrem Cytoblastem sich bilden. Ihre Bildung scheint nach den Beobachtungen von H. Wood zunächst an der Oberfläche der Granulationen vor sich zu gehen, wohl defshalb, weil hier das Eiterserum als das Cytoblastem dieser Zellen immer frisch ausgeschwitzt wird, und dieses frische Cytoblastem die gröfste plastische Kraft hat, eben so wie wir diefs auch bei Bildung der neuen Dotterzellen aufsen nahe an der Dotterhaut beobachtet haben. Die Eiterzellen wachsen dann aber wahrscheinlich noch eine Zeit lang selbstständig fort, wie wir auch bei den Dotterzellen gesehen haben, die schon weit von der Dotterhaut entfernt waren. Dafs sich die Kerne der Eiterzellen zuerst bilden, ist zwar wahrscheinlich, doch habe ich es nicht untersucht. Je gesunder der Eiter ist, um so gröfser ist seine plastische Kraft und um so mehr Zellen bilden sich darin, so dafs bei gesundem Eiter die Menge des Serums im Vergleich mit den Zellen sehr gering ist.

Ob die Fettkügelchen, welche in einigen Sekreten, namentlich der Milch und auch im Chylus vorkommen, in Zellen enthalten sind, weifs ich nicht. Bei der Milch habe ich nichts finden können, was darauf hindeutet, und bei der weiter unten mitzutheilenden Theorie der Sekretionen scheint diefs auch nicht nothwendig der Fall sein zu müssen. —

Die hier abgehandelte Klasse von Zellen, in welcher diese Elementargebilde den gröfsten Grad der Selbstständigkeit behalten, zeigt die niedrige Stufe der Entwicklung, auf welcher sie stehen, schon dadurch an, dafs so wenig Modifikationen unter ihnen vorkommen. Die Schleim- und Eiterkörperchen und die Lymphkörperchen sind kleine runde Zellen mit einem Kern an ihrer Wandfläche. Schleim- und Eiterkörperchen lassen sich nach Henle gar nicht von einander unterscheiden, und die Lymphkörperchen sind von beiden nur dadurch verschieden, dafs ihr Kern mehr rund und körnig ist und nicht durch Essigsäure zerfällt. In der Form der ganzen Zelle ist zwischen ihnen kein Unterschied. Eine höhere Entwicklung zeigt sich in dieser Klasse schon bei den Blutkörperchen. Hier finden wir nicht nur schon einen sehr charakteristischen Zelleninhalt, den rothen Farbestoff, sondern auch die Form der Zelle erleidet eine wichtige Aenderung, indem sie sich abplattet. Da diese Abplattung an Zellen vor sich geht, die frei in einer Flüssigkeit schwimmen, so kann dieselbe nicht aus mechanischen Gründen erklärt, sondern mufs offenbar als eine eigenthümliche Entwicklungsstufe dieser Zellen betrachtet werden. In allen diesen Zellen ist der Kern persistent, während er bei höher sich entwickelnden Zellen später gewöhnlich verschwindet. Das Cytoblastem ist hier überall eine Flüssigkeit. Es ist in gröfserer Quantität vorhanden, als wir es in der nächsten Klasse finden werden. Wird das Ei auch zu dieser Klasse gerechnet, so kommt noch eine Eigenthümlichkeit der Zellen hinzu. Nämlich aufserdem, dafs hier die einzelnen Dotterzellen einen aus einzelnen Körnchen bestehenden Zelleninhalt haben, ist die Entwicklung der Dotterzellen innerhalb des Dotters als Einer Zelle eine Bildung von Zellen in Zellen, und an einzelnen dieser Zellen kommt abermals eine Einschachtelung vor. Diese Eigenthümlichkeit ist aber eine solche, von der man beinahe sagen kann, dafs sie mit der Dignität des Gewebes im umgekehrten Verhältnifs steht. Sie ist am häufigsten, ja vielleicht allgemein bei den Pflan-

zen, kommt dann bei Thieren schon viel seltener bei dem Ei, bei der Krystalllinse, bei den Knorpeln u. s. w. vor, und scheint bei den höhern Gebilden, Zellgewebe, Muskeln u. s. w. ganz zu fehlen. Ueber die übrigen Eigenthümlichkeiten der Zellen des Eies wurde oben gesprochen. In der folgenden Klasse werden wir nicht nur die Formveränderung der Zellen durch Abplattung in höherem Grade wiederfinden, sondern aufserdem noch viel manchfaltigere Modifikationen der Zellen kennen lernen.

II. Klasse.

Selbstständige, zu zusammenhängenden Geweben vereinigte Zellen.

In dieser Klasse kommt die gröfste Aehnlichkeit thierischer Gebilde mit dem Pflanzengewebe vor, und zwar in so hohem Grade, dafs selbst ein geübter Phytotom manche der hierher gehörigen Objekte nicht vom Pflanzengewebe zu unterscheiden im Stande ist. Die meisten thierischen Zellen unterscheiden sich wenigstens von den ausgebildeten Pflanzenzellen durch ihre gröfsere Weiche und Zartheit. Allein diefs fällt hier zum Theil weg, und es dürfte sehr schwer halten, ein aus dem Innern eines Federschaftes abgeschnittenes Plättchen mikroskopisch vom Pflanzengewebe zu unterscheiden. Wir werden daher hier auch und zwar bei der Feder versuchen, diese mit dem Pflanzengewebe auffallend übereinstimmenden Zellen rückwärts bis zu ihrem primitiven Zustande zu verfolgen und diesen Uebergang durch Abbildungen zu erläutern, und uns dadurch überzeugen, dafs diese Zellen im jungen Zustande wieder mit den Primitivzellen aller anderen Gewebe übereinstimmen. Es gehören hierher die unter dem Namen Horngewebe zusammengefafsten Gewebe, und auch die Krystalllinse läfst sich hierher rechnen. In der Regel blei-

ben die Zellen bei diesen Geweben selbstständig, doch kommen auch mehr oder weniger innige Verschmelzungen der Zellenwände unter einander vor. Das Horngewebe läfst sich in zwei nicht wesentliche Unterabtheilungen bringen, nämlich 1) die membranartige Ausbreitung desselben, wohin das Epithelium im weitern Sinne des Wortes (incl. Epidermis) und das schwarze Pigment, welches hierher gezählt werden mufs, weil es mit dem Epithelium so innig verwandt ist, 2) in die kompakten Hornbildungen, wohin die Nägel, Klauen, Haare, Federn u. s. w. gehören.

1) Epithelium.

Es ist jetzt sehr schwer zu bestimmen, was unter dem Worte Epithelium begriffen werden mufs. Die aus abgeplatteten sechseckigen Zellen bestehende Rinde der chorda dorsalis, z. B. bei den Larven von Rana esculenta, kann nicht zum Epithelium gezählt werden, weil es dieselben Zellen sind wie das Innere der chorda dorsalis nur im abgeplatteten Zustande. Das seröse Blatt der Keimhaut kann auch nicht wohl als Epithelium angesehen werden, obgleich es dieselbe Struktur hat, und doch ist es schwer, eine Definition von Epithelium zu geben, nach der diese Gebilde nicht mit unter den Begriff fielen. Wir wollen uns indessen auf diesen blofsen Wortstreit nicht einlassen, sondern die Struktur des Epitheliums betrachten.

Die einfachste Form des Epitheliums ist die runder Zellen mit einem Kern, der an ihrer innereu Wandfläche anliegt und ein oder zwei Kernkörperchen enthält. Im Zusammenhange nehmen sie eine polyedrische Form an, ragen aber gewöhnlich an ihrer freien Fläche mit einem Kugelsegment hervor. So kommt das Epithelium an vielen Stellen vor, und beispielsweise führe ich nur das Epithelium auf den Kiemenstrahlen der Fische an. Bei Säugethieren sind die Zellen gewöhnlich kleiner und mehr körnig, bei niederen Thieren und im Fötalzustande der Säugethiere sind sie im Allgemeinen gröfser, glatter und manchmal so durchsichtig, dafs sie nur bei gedämpftem Licht gesehen werden

können. Sehr schön, ganz dem parenchymatösen Pflanzenzellgewebe ähnlich, sah ich das Epithelium auf der Schleimhaut eines Magens von einem Schafffötus. An den durchsichtigen Epitheliumzellen sieht man oft im Innern einen feinkörnigen Niederschlag, z. B. an den Kiemenstrahlen der Fische. Er scheint sich gewöhnlich in der Nähe des Kerns zu bilden. Nach Henle kommen bei Säugethieren nie zwei Kerne in einer Epitheliumzelle vor. An der äufseren Haut von Froschlarven habe ich diefs aber mehrmals und einmal sogar eine vollkommen ausgebildete, mit einem Kern versehene Epitheliumzelle in einer gröfseren Zelle beobachtet. Von dieser kugeligen Grundform aus erleiden die Epitheliumzellen Formveränderungen nach zwei Richtungen hin, entweder die Zellen platten sich zu Tafeln ab, oder sie verlängern sich in Cylinder. Die Abplattung zu Tafeln geschieht so, dafs der Kern, wie bei den Blutkörperchen, die Mitte der einen Fläche bildet. Die Uebergangsstufen aus der Kugelform in die Tafelform habe ich an dem Epithelium der äufseren Haut der Froschlarven beobachtet. Es zeigten sich hier zuweilen sechsseitige platte Säulen oder Tafeln, die etwa ein Drittel so dick als breit waren. An den vollständig abgeplatteten Epitheliumzellen ist die Dicke im Verhältnifs zur Breite sehr gering, so dafs sich die beiden Lamellen der Zellenmembran nicht mehr unterscheiden lassen. Bei den tafelförmigen Epitheliumzellen kommt es oft vor, dafs sie nicht regelmäfsig sechseckig, sondern in die Länge gezogene platte Streifen sind, wie diefs von Henle z. B. an dem Epithelium der Gefäfse beobachtet worden ist *).

---

*) Vor mehreren Jahren habe ich schon zuweilen bei den Gefäfsen stellenweise eine innerste scheinbar strukturlose Schichte beobachtet, und da die elastischen Fasern der mittlern Arterienhaut nach dem Lumen des Gefäfses hin immer feiner und zuletzt kaum unterscheidbar werden, so hielt ich diese innerste, scheinbar structurlose Schichte für übereinstimmend mit der mittleren Arterienhaut, worin aber die Unterscheidbarkeit der Fasern auf-

Die andere Formmodifikation der Epitheliumzellen bilden die zu Cylinderchen verlängerten Zellen. Sie wurden von

---

hört. Einzelne darin vorkommende zerstreute Flecken erklärte ich mir nach Analogie der mittlern und äufsern Gefäfshaut. In dieser kommen nämlich zuweilen Lamellen vor, wo die elastischen Fasern mehr oder weniger innig mit einander verschmolzen sind und nur eine Spur von Faserung übrig bleibt. Man sieht dann eine von elastischem Gewebe gebildete Tafel, die stellenweise durchlöchert ist. Für solche, etwa mit einer fremden Substanz ausgefüllte Oeffnungen hielt ich jene Flecke. Purkinje und Räuschel (de arter. et venar. structura) erkannten die Uebereinstimmung dieser Haut mit der mittlern Arterienhaut an, unterschieden sie aber als eine getrennte Schichte. Valentin leugnete jene Uebereinstimmung und beschrieb sie als eine eigenthümliche strukturlose Haut. Henle klärte aber erst das wahre Verhältnifs auf. Nach seiner Methode durch Abkratzen von der inneren Fläche der Gefäfse erhielt er Plättchen, die man bei der jetzigen genaueren Kenntnifs des Epitheliums als solches erkennen kann. Sie hingen zuweilen noch in Lamellen zusammen. Ueber die Richtigkeit dieser Deutung kann in der That kein Zweifel sein, wenn man die Gefäfse des Fötus untersucht. Bei einem Schweinefötus erhielt ich sowohl aus den gröfseren Venen als aus dem Herzen durch Abkratzen grofse Lamellen des schönsten Epitheliums, aus platten, mit einem sehr deutlichen Kern versehenen Streifen bestehend, die beinahe noch einmal so lang als breit waren und einen, im Verhältnifs zu den Plättchen, grofsen Kern enthielten, mit ein oder zwei Kernkörperchen. Bei den Arterien wollte es mir in ein Paar Versuchen nicht so gelingen, wahrscheinlich gehen die Plättchen hier leichter aus einander und können dann nicht mehr von den Primitivzellen der elastischen Arterienhaut unterschieden werden. Die Zellen verschmelzen wahrscheinlich später mehr oder weniger innig zu einer alsdann theilweise strukturlosen Schichte, und auch die Kerne verschwinden zum Theil. Die oben beschriebenen Flecke in der innersten Haut sind, wie ich jetzt, jedoch ohne neuere Untersuchungen angestellt zu haben, vermuthe, wahrscheinlich übrig gebliebene Kerne. Ueber die Stellen, wo das Epithelium in dieser oder jener Form vorkommt, verweise ich auf die sehr vollständige Abhandlung von Henle (Müller's Archiv 1838. I. Heft). Aufser den von Henle angegebenen Stellen habe ich noch Epithelium gefunden: auf der inneren Fläche des Amnion von Säugethierfötus und vom Menschen. Die sechseckigen Plättchen

Henle in der Darmschleimhaut entdeckt. Sie enthalten in sich ebenfalls den charakteristischen Kern und sind mit ihren längeren Seiten neben einander gelagert. Ihre stumpfen Ende sind frei nach aufsen gekehrt. Nach innen enden sie entweder ebenfalls stumpf, z. B. beim Chorion, oder laufen spitz zu. Diese Verschmälerung nach unten fängt oft schon oben an, so dafs dann die Zellen die Form eines spitzen Kegels haben, dessen Basis nach aufsen gekehrt ist. Bei den flimmernden Häuten stehen, wie Henle gefunden hat, die Wimpern auf der freien Fläche der Epitheliumcylinderchen, und aus dieser Beobachtung allein ging schon hervor, dafs man das Epithelium nicht als einen blofsen todten Ueberzug der organisirten Gebilde betrachten dürfe.

Was nun die Entstehung der Epitheliumzellen anbelangt, so hat Henle schon nachgewiesen, dafs das rete Malpighii aus runden, mit einem Kern versehenen Zellen, wahrscheinlich den jungen Epidermiszellen, besteht, und dafs der Durchmesser der Zellen nach aufsen zunimmt, so dafs er bei einem Schweinefötus den allmähligen Uebergang der Zellen des rete Malpighii in die der Epidermis verfolgen konnte. (Symbolae ad anatomiam villor. intest. p. 5). Ein wahres Wachsthum der Epitheliumzellen wurde dadurch sehr wahrscheinlich. Ich habe diesen Procefs ebenfalls bei einem Schweinefötus verfolgt. Die oberste Schichte der Epidermis wird hier von grofsen, tafelförmigen, sechs-

---

waren hier sehr schön und grofs, mit einem sehr deutlichen Kern und Kernkörperchen. Bei den Schweinefötus waren darunter einige gröfsere runde Zellen mit einem gröfseren Kern ohne Kernkörperchen. Auch die innere Fläche des aus dem Chorion hervorragenden Stückes der Alantois von Schweinefötus war innen mit pflasterförmigem, aus kleinen Plättchen bestehendem Epithelium überzogen. Die äufsere Fläche des Chorion derselben Schweinefötus wurde aus dicht an einander gelagerten cylindrischen, mit einem Kern versehenen Zellen gebildet, ähnlich den von Henle entdeckten Epithelium-Cylinderchen der Darmschleimhaut.

eckigen, mit einem Kern versehenen Zellen gebildet. Unmittelbar unter dieser liegen schon viel kleinere, fast runde Zellen mit einem Kern, so dafs die Abplattung der Zellen sehr schnell erfolgen mufs. Die Zellen werden kleiner und umschliefsen den Kern enger, je weiter man gegen die Tiefe kommt. Die Gröfse des Kerns nimmt auch etwas ab, jedoch bei weitem nicht in demselben Verhältnifs. Ganz unten unterscheidet man keine Zellen mehr, sondern die Kerne liegen sehr dicht, mit ein wenig feinkörniger Zwischensubstanz, neben einander. Doch ist es schwer, hierüber zu einer sichern Ueberzeugung zu kommen, da die Schichte der Kerne mit der cutis zu fest zusammenhängt. Wir werden später diefs Verhältnifs der Kerne bei den Federn deutlicher beobachten. Der Bildungsgang ist also wahrscheinlich der: Unmittelbar auf der Oberfläche der cutis bilden sich zunächst Zellenkerne. Um diese bilden sich Zellen, die Kerne eng umschliefsend. Die Zellen und in viel schwächerem Verhältnifs auch die Kerne wachsen, und zuletzt platten sie sich in den obersten Schichten so ab, dafs der Kern die Mitte der Tafel bildet. Es wiederholt sich also hier derselbe Entwicklungsgang, wie bei den meisten anderen Zellen. Henle glaubte, bevor ich die allgemeine Uebereinstimmung der thierischen und pflanzlichen Zellen nachgewiesen hatte, dafs bei dem anfänglichen Wachsen des Volumens der Epitheliumzellen vielleicht eine Erklärung durch Imbibition möglich sei (l. c. pag. 9). Da wir aber gesehen haben, dafs diefs Wachsthum ein bei allen thierischen Zellen vorkommendes Phänomen ist, da wir die Bildung von Zellen um die Kerne beobachtet haben, da sich an mehreren Zellen bei ihrer Ausdehnung eine chemische Veränderung der Zellenmembran nachweisen läfst, und oft bei der Ausdehnung der Zellen nicht nur keine Verdünnung, sondern eine Verdickung der Zellenmembran statt findet, alles Processe wie bei den Pflanzenzellen, so müssen wir den thierischen Zellen, wie den Pflanzenzellen, ein eigenthümliches Leben zuschreiben, und jene Ausdehnung der Epithelium-

zellen, wie die der Pflanzenzellen, für ein Wachsthum durch Intussusceptio erklären. Die neuen Epitheliumzellen bilden sich zwar nur unmittelbar auf der cutis, wo die gröfste Lebensenergie herrscht, aber die Zellen dehnen sich selbstständig aus und wachsen durch Intussusceptio. Ich habe oben eine Beobachtung angeführt, wonach sich bei Froschlarven eine junge Epitheliumzelle in einer anderen bildete. Allein diefs ist jedenfalls ein sehr seltener Fall, und die meisten Epitheliumzellen bilden sich bei allen Wirbelthieren entschieden nicht als Zellen in Zellen, sondern aufser den Zellen in einem Minimum von Cytoblastem, das von der cutis ausgeschwitzt wird. Man könnte den Einwurf machen, dafs dieser Bildungsprocefs des Epitheliums defshalb nicht möglich sei, weil, wenn z. B. die Zellen der zweiten Schichte um das Doppelte gröfser wären als die der ersten Schichte, auch diese ganze Epidermisschichte um das Doppelte gröfser sein müfste als die erste. Allein dieser Einwurf läfst sich leicht dadurch beseitigen, dafs sich die Zellen über einander schieben und so aus Einer Schichte von Kernen eine doppelte oder dreifache Lage von Zellen entstehen kann.

2) Das schwarze Pigment.

Das schwarze Pigment ist, wie bekannt, gewöhnlich in runden oder, wegen des dichten Zusammenliegens, sechseckigen Zellen enthalten, und zwar in Form von zahllosen sehr kleinen Körnchen, die eine lebhafte Molekularbewegung zeigen. Diese sieht man zuweilen schon innerhalb der Zellen, so dafs der übrige Inhalt der Zellen flüssig sein mufs. Da man nun auch, wie bekannt, zuweilen die Pigmentkörnchen aus der Zelle herausdrücken kann, so kann über die Natur dieser früher sogenannten Pigmentkugeln als Zellen kein Zweifel sein. Die Pigmentzellen haben an ihrer Wand einen zum Theil ebenfalls schon bekannten Zellenkern. An den Pigmentzellen der Chorioidea der Säugethieraugen sieht man diesen im Fötalzustande z. B. bei sehr jungen Schweinefötus stellenweise ganz deutlich,

und er veranlafst den in der Mitte der Pigmentzellen bekannten weifsen Fleck. Der Kern der Pigmentzellen hat gewöhnlich noch ein oder zwei Kernkörperchen. Zuweilen kommt es vor, dafs dicht um den Kern keine Pigmentkügelchen abgelagert sind, sondern dafs der Kern von einem hellen, durchsichtigen, körnerfreien Hof umgeben ist.

Manche Pigmentzellen erleiden eine höchst merkwürdige Veränderung, die defshalb von besonderer Wichtigkeit ist, weil sie als Bildungstypus für andere wichtigere Zellenarten gelten kann. Diese Veränderungen bestehen in einer Verlängerung der Zellen nach drei oder mehreren Seiten hin in hohle Fasern. Wir wollen diese Zellen sternförmige Zellen nennen. Wir haben früher bei den Knochen diese Zellenform schon antecipiren müssen. Wegen des charakteristischen Inhalts der Pigmentzellen eignen sich diese am besten zu einer genaueren Untersuchung dieses Bildungstypus. Die sternförmigen Pigmentzellen, die unter dem Namen Pigmentramifikationen bekannt sind, sieht man am schönsten in der Haut der Froschlarven. Es giebt verschiedene Formen derselben, von denen wir zur Beschreibung die auswählen, bei denen die längsten Fasern vorkommen (siehe Tab. II. Fig. 9). Sie zeigen sich als einzelne schwarze Flecke, von denen nach verschiedenen Seiten hin dünne schwarze Fasern auslaufen. Die schwarzen Flecke stellen den Zellenkörper mit Pigment gefüllt dar, die Fasern sind die ebenfalls mit Pigment gefüllten Verlängerungen der Zellen. Man unterscheidet an vielen Stellen deutlich die einzelnen Pigmentkörnchen. In dem Zellenkörper, der nach aufsen scharf begrenzt ist, ist zuweilen eine hellere Stelle von runder oder ovaler Form zu sehen, wo der Zellenkern durchschimmert, der in einzelnen Zellen deutlich mit seinen Kernkörperchen zu erkennen ist. Die Zelle verschmälert sich nach verschiedenen Seiten hin allmählig, um in eine Faser überzugehen, so dafs keine scharfe Grenze zwischen Zelle und Faser ist. Die Fasern verlaufen zwischen den Epitheliumzellen und krümmen sich daher oft. Die Fasern sind im Allgemeinen in der Nähe der Zelle am dicksten

und verschmälern sich in ihrem Verlauf. Doch schwellen sie zuweilen auch in einiger Entfernung von dem Zellenkörper ein wenig an. Sie senden stellenweise andere Fasern ab. Dafs nun diese schwarzen Flecke mit den von ihnen ausgehenden Fasern wirklich Zellen und zwar die Fasern hohle, mit Pigment ausgefüllte Verlängernngen derselben sind, geht hervor 1) aus der Anwesenheit des Zellenkerns, 2) daraus dafs sich alle Uebergangsstufen aus unzweifelhaften Pigmentzellen in diese Körper nachweisen lassen. Diese Uebergänge sind Tab. II. Fig. 8 so dargestellt, wie sie sich an einer anderen Stelle des Schwanzes der Froschlarven nahe neben einander befinden. a ist eine unzweifelhafte Pigmentzelle, von einer gewöhnlichen kaum verschieden; sie hat auch ihren Kern. Die meisten primitiven Zellen dieser sternförmigen Pigmentzellen zeichnen sich von gewöhnlichen Pigmentzellen nur dadurch aus, dafs sie gewöhnlich kleiner und dichter mit Pigment gefüllt sind. b ist eine ähnliche Zelle, die anfängt, sich zuzuspitzen, und c verlängert sich deutlich in eine Faser. In beiden ist nur durch eine wenig hellere Stelle der Kern angedeutet. d und e verlängern sich nach beiden Seiten in Fasern, wovon die eine in d nach aufsen kolbig mit einem scharfen Rande endigt. An dem Verbindungsstück dieses Kolbens mit dem Zellenkörper unterscheidet man deutlich die eine Höhle andeutende Schattirung, indem das Pigment dichter in der Nähe der Zellenwand abgelagert ist als in der Mitte. f endlich ist eine Zelle, die sich nach drei Seiten in Fasern verlängert. Zerrt man ein Stückchen der Haut der Froschlarven, so sieht man oft in dem Wasser einzelne Stückchen dieser Pigmentfasern, oder mit Pigment gefüllte Verlängerungen der Zellen isolirt herumschwimmen. Es kommt zuweilen vor, dafs eine solche Pigmentfaser ununterbrochen von einem Zellenkörper zum andern fortgeht, z. B. Fig. 9 a. Man kann sich diefs so vorstellen, dafs die Verlängerungen zweier Zellen sich an Einer Stelle begegnen. Ob an einer solchen Stelle die Scheidewände resorbirt werden, läfst sich hier nicht

sicher unterscheiden, da beim Pigment keine Bewegung aus einer Zelle in die andere Statt findet. Man sollte es aber vermuthen, weil man sonst an der Stelle, wo die Verlängerungen zusammenstofsen, eine Unterbrechung des Pigments, entsprechend der doppelten Dicke der Zellenwand, sehen müfste. Die von den Zellen ausgehenden Fasern werden oft zuletzt sehr fein, und man sieht daraus, dafs die Feinheit der Fasern ihr Hohlsein nicht ausschliefst.

3) Nägel.

Untersucht man einen Nagel eines ausgetragenen Kindes unmittelbar nach der Geburt, oder noch besser eines reifen, aber noch ungebornen menschlichen Fötus, so sieht man auf feinen Längenschnitten, dafs derselbe aus Schichten besteht, die der Fläche nach über einander gelagert sind. Diese Schichten sind aber an der untern auf der Haut liegenden Fläche um so undeutlicher, je mehr man sich dem in der Hautfalte an der Wurzel des Nagels liegenden Theile nähert, und etwa die hintere Hälfte des in dieser Hautfalte verborgenen Theils des Nagels zeigt gar keine Schichtung, sondern besteht aus kleinen polyedrischen Zellen, von denen viele ganz deutliche Zellenkerne zeigen. Schneidet oder reifst man ein Stückchen von einem solchen Nagel nach der Fläche ab, so kann man schon aus der Form der Ränder, an denen sich glatte eckige Vorsprünge zeigen, vermuthen, dafs die Lamellen des Nagels nicht strukturlos sind, sondern durch die Zusammenfügung epitheliumartiger Plättchen hervorgebracht werden. Behandelt man solche Lamellen mit Essigsäure oder koncentrirter Schwefelsäure, so trennen sich die Plättchen leichter, und in einzelnen seltenen Fällen erkennt man in einem solchen Plättchen einen undeutlichen Kern. In der Wurzel des Nagels sieht man, wenn man die anhängende Lamelle der Epidermis abgeschabt hat, keine solche Plättchen, sondern hier sind polyedrische Zellen, die viel kleiner sind als die Plättchen. Bekanntlich wächst nun

der Nagel von seiner Wurzel aus und wird beständig nach vorn geschoben. Die polyedrischen Zellen der Wurzel müssen sich also durch Abplattung und Ausdehnung nach der Fläche in jene Plättchen verwandeln, was jetzt auch bei dem selbstständigen Leben der Zellen leicht denkbar ist. Also auch die schon gebildeten Zellen des Nagels wachsen noch, und das Wachsthum des Nagels beruht keineswegs auf einer bloſsen Apposition an seiner Wurzel, obgleich die Bildung neuer Zellen wahrscheinlich nur an der Stelle geschieht, wo der Nagel mit der organisirten Haut in Verbindung ist. Bei der Ausdehnung jener Zellen nach der Fläche und ihrer Abplattung nach der Dicke des Nagels würde nun zwar der Nagel nach vorn geschoben, aber je mehr sich die Zellen abplatten, um so dünner müſste nach vorn der Nagel werden. Dieſs wird nun wahrscheinlich dadurch ausgeglichen, daſs auch eine Bildung von Epitheliumplättchen an der unteren Fläche des Nagels, besonders an seinem hinteren Theile statt findet. Setzt sich nun ein Epitheliumplättchen an dem hintersten Ende seiner unteren Fläche an, so rückt dieſs durch die Abplattung der oberen Zellen und die Bildung neuer Zellen an dem Ende des Nagels etwas nach vorn. Hier wird nun aber ein neues Plättchen gebildet, welches sich auf das vorige setzt und eben so bei weiterem Vorrücken ein drittes, viertes u. s. w., so daſs hierdurch eine Verdickung des Nagels eintreten muſs, je weiter er nach vorn rückt. Ich glaube nun, daſs diese Verdickung wegen des Wachsthums von der unteren Fläche, und jene Verdünnung wegen der Abplattung der Zellen einander kompensiren und dadurch die nicht vollkommene, doch ziemlich gleichmäſsige Dicke des Nagels hervorgebracht wird. Von dem auſser der Hautfalte liegenden Theile des Nagels wachsen wenigstens die oberflächlichen Schichten nicht mehr. Ich bezeichnete auf mehreren Nägeln zwei Punkte durch Anbohren mit einer Nadel und Färbung dieser Punkte mit salpetersaurem Silber an der Wurzel des Nagels, und zwar sowohl nach der Längen- als Breiten-

richtung desselben. Sie hatten eine Entfernung von 3,1‴. Nach 2 bis 3 Monaten waren sie bis an die Spitze des Nagels gerückt, aber ihre Entfernung von einander hatte sich durchaus nicht geändert.

4) Klauen.

Das Horngewebe der Klauen besteht wenigstens beim Fötus ganz aus den schönsten Pflanzenzellen. Schneidet man bei einem grofsen Schweinefötus eine dünne Lamelle desselben quer ab, so hat das Präparat das Ansehen von vollkommenem Pflanzenzellgewebe. Die Zellen sind nicht platt, wie theils daraus hervorgeht, dafs man die Seitenwände der Zellen, wenn sie nicht ganz senkrecht stehen, in die Tiefe hinabgehen sieht und diese Tiefe schätzen kann, theils daraus, dafs Längenschnitte des Horngewebes der Klauen dasselbe Ansehen darbieten, wie Querschnitte. Es sind also polyedrische Zellen, und wenigstens einige derselben enthalten einen deutlichen Kern.

Im frischen Zustande läfst sich nicht unterscheiden, ob jede Zelle ihre besondere Wand hat. Hat aber der Fötus einige Zeit in starkem Weingeist gelegen, so läfst sich die Hornsubstanz der Klauen leicht von dem Fufs trennen, indem die Verbindung der Zellen unter einander locker geworden ist. Die untersten Zellenschichten bleiben aber doch an dem Fufse hängen. Die so von dem Fufse getrennte Schicht von Hornsubstanz besteht in ihrem Innern aus einer bröcklichen Masse, ungefähr wie ein gekochter Dotter. Doch trennen sich die einzelnen Stückchen nicht ganz so leicht wie beim Dotter. Unter dem Mikroskop erkennt man, dafs diese Masse aus unregelmäfsig eckigen Körpern besteht, wie die gekochte Dottersubstanz. Diese Körper sind die von einander isolirten Zellen, deren eigenthümliche Wand deutlich unterscheidbar ist und von denen einige wenige einen Kern haben, der an der inneren Wandfläche der Zelle anliegt. Um diese polyedrischen Zellen läuft als äufsere Bekleidung der ganzen

Klaue eine zusammenhängende feste Schichte platter Epitheliumtafeln, die unmittelbare Fortsetzung der aus platten Zellen bestehenden äufseren Lamellen der Epidermis. Bei ganz jungen Schweinefötus ist diese Lamelle schon vorhanden, die Schichte der polyedrischen Zellen aber sehr gering. Bei alten Schweinefötus aber wird die Hauptmasse der Hornsubstanz der Klauen von den polyedrischen Zellen gebildet. Diese müssen auch im frischen Zustande einen ziemlich festen Inhalt haben, weil sonst bei der Zartheit der unterscheidbaren Zellenmembran die Substanz nicht so fest sein könnte. Wegen der Elasticität dieser Substanz gelang es mir aber nicht, unter dem Kompressorium eine Zelle zu zerquetschen, um zu beobachten, wie der Zelleninhelt sich dabei verhält, ob er ausfliefst oder wie eine feste Substanz reifst. Da an dieser Hornsubstanz der Zelleninhalt einen grofsen Antheil hat, während die Nägel gröfstentheils aus platten Zellen ohne unterscheidbaren Zelleninhalt, also fast ganz aus Zellenwänden bestehen, so dürfte sich auch ein chemischer Unterschied zwischen der Hornsubstanz der Klauen und der Nägel vermuthen lassen.

5) Federn.

Die Federn bestehen bekanntlich aus dem Kiele, dem Schaft und der Fahne. Was uns aber hier zunächst interessirt, ist die Elementarstruktur dieser Theile, und um diese zu untersuchen, wenigstens um das Verhältnifs der einzelnen Elementargebilde der Feder zu den Zellen kennen zu lernen, mufs man eine Feder nehmen, an der ein Theil des Schaftes noch in der Bildung begriffen ist. Bekanntlich sind die Federn dann noch von einer dicken Scheide umgeben. Diese besteht in ihrer ganzen Dicke aus riesenhaften Epitheliumtafeln. In dieser Scheide liegt die Feder so, dafs der Schaft mit der Fahne zu einem hohlen Cylinder zusammengebogen ist, und in diesem Cylinder steckt die sogenannte organisirte Matrix der Feder (s. das Nähere hierüber bei Fr. Cuvier in Froriep's Notizen

Nr. 317). Auf der inneren Fläche der Fahne aber liegt nach Fr. Cuvier eine Membran, von der Scheidewände zwischen die einzelnen Strahlen der Fahne dringen. Aber diese Membran, so wie die Scheidewände, bestehen aus Epithelium.

Der Schaft der Feder besteht aus einer lockern Marksubstanz, umgeben von einer festen Rinde. Macht man dünne Quer- oder Längendurchschnitte der Marksubstanz, so sieht man, dafs sie aus schönen polyedrischen Zellen besteht, durchaus dem parenchymatösen Pflanzenzellgewebe, namentlich der Korksubstanz ähnlich (s. Tab. II. Fig. 10). Die Zellenhöhlen haben mäfsig dicke, dunkle Zwischenwände, sind anfangs mit einer durchsichtigen Flüssigkeit gefüllt, trocknen aber später aus und enthalten dann Luft. Obgleich nun diese Marksubstanz dem Pflanzengewebe in ihrem Totalanblick durchaus ähnlich ist, so fragt es sich doch: sind diese Zellen wirklich Zellen in dem Sinne des Wortes, wie es hier genommen wird, nämlich Elementarzellen der organischen Gebilde? oder: entsprechen diese Zellen den Pflanzenzellen? Daher ist es nothwendig zu untersuchen, ob jede Zelle ihre eigenthümliche Wand hat, und ob der Entwicklungsgang jeder einzelnen Zelle derselbe ist wie bei den Pflanzen. Der Entwicklungsgang der Zellen ist aber nirgends leichter zu verfolgen als gerade hier, vorzugsweise defshalb, weil selbst die ersten Anfänge der Zellen mit der organisirten sogenannten Matrix in keiner Verbindung stehen, sondern auf den schon fertigen Zellen des Federschaftes liegen bleiben, wenn man die Matrix wegnimmt, die nach aufsen mit einer glatten Flächse aufhört. Die folgende Beschreibung ist von den Schwungfedern eines Raben hergenommen. Die Sache verhält sich aber bei den Federn eines jungen Hühnchens eben so.

Der in der Bildung begriffene Theil des Markes des Federschaftes ist weich und bröcklich. Untersucht man ein Stückchen desselben, nachdem es aus einander gezerrt worden, so sieht man, dafs es aus Zellen besteht, in verschiedenem Grade der Entwicklung. Die am vollständig-

sten entwickelten sehen den Zellen, wie wir sie an den ausgebildeten Federn gesehen haben, vollkommen ähnlich (s. Tab. II. Fig. 11 a); sie liegen nur weniger fest mit einander verbunden, so daſs sie sich leicht isolirt erhalten lassen, und man sieht dann deutlich, daſs jede Zelle ihre eigenthümliche Wand hat. Die Wände sind dick genug, um selbst im isolirten Zustande ihre eckige Gestalt nicht ganz einzubüſsen. Zwischen einigen befinden sich Intercellularräume, die auch in den ausgebildeten Zellen der erwachsenen Feder noch vorkommen. Die Zellenmembran ist dunkel, glatt, und der Zelleninhalt eine durchsichtige Flüssigkeit. Auſserdem sieht man in jeder Zelle einen sehr deutlichen Kern, der an der Wand der Zelle liegt. Er ist oval und enthält ein oder zwei verhältniſsmäſsig groſse Kernkörperchen (s. die Figur). An den ausgebildeten Zellen ist kein Kern zu sehen, höchstens findet sich an einzelnen ein Ueberrest; dieser muſs also später resorbirt werden. Dieser Proceſs läſst sich sogar verfolgen. Die Zellen nämlich, welche die Uebergangsstufe bilden von den Fig. 11 a abgebildeten zu den Zellen in Fig. 10, hängen inniger zusammen, der Kern wird in seinem Umfange kleiner und unregelmäſsiger, während das Kernkörperchen bleibt; endlich verschwinden beide. Im Allgemeinen sind die Zellen um so weiter entwickelt, je weiter sie von der Matrix entfernt sind, und da die Matrix an der inneren Seite der Feder liegt, nämlich da, wo der Schaft eine Rinne zeigt, so sind die am Rücken des Schaftes unmittelbar unter der Rinde liegenden Zellen die am meisten entwickelten. Verfolgt man nun die Zellen von da nach der Matrix hin, so werden sie allmählig immer kleiner; die dunkeln Konturen der Zellenmembran verlieren sich, und diese erhält ein körniges Ansehen. Der Kern hat an den gröſseren körnigen Zellen noch dieselbe Form wie an den vorher beschriebenen Zellen mit glatter Zellenmembran; an den kleinen aber wird er ebenfalls kleiner. In diesem körnigen Zustande sehen nun die Zellen aus wie die meisten Elementarzellen aller anderen Gewebe. Die Ueber-

gangsstufen sind in Tab. II. Fig. 11 b c abgebildet. Noch mehr gegen die Matrix hin sind nun gar keine Zellen mehr zu erkennen, sondern man sieht nur zahlreiche Kerne, die nahe an einander in einer feinkörnigen Substanz liegen (Tab. II.. Fig. 12).

Die Bildung der Zellen der Marksubstanz des Federschaftes geht also in folgender Weise vor sich: Es ist zuerst eine feinkörnige Masse da, in welcher zahlreiche kleine Zellenkerne liegen, von denen einige ein Kernkörperchen zeigen, andere ein solches nicht erkennen lassen. Um diese bilden sich die Zellen, welche Anfangs nicht viel gröfser als der Kern sind und körnig aussehen. Die Zellen dehnen sich allmählig aus, der Kern wächst ebenfalls und erreicht bald seine volle Ausbildung. Er bleibt an der Wand der Zelle excentrisch liegen. Die Zellenmembran behält dabei eine Zeit lang ihr körniges Ansehn; allmählig aber, bei zunehmender Ausdehnung der Zellen, verliert sich diefs, die Konturen der Zellenmembran werden dunkler und die Zellenwand keineswegs dünner. Nun legen sich die Wände der Zellen fester an einander, so dafs sie sich schwerer von einander trennen lassen, und zugleich verschwindet allmählig der Kern. Endlich trocknet der Inhalt der Zellen aus und die Zelle füllt sich mit Luft. Die Entwicklung dieser Zellen stimmt also durchaus mit den Pflanzenzellen überein, der Kern ist der wirkliche Cytoblast dieser Zellen; er ist vor der Zelle da, und wird, wie gewöhnlich an den Pflanzenzellen, später resorbirt. Die Zelle dehnt sich aus, indem sie durch Intussusception wächst, und man dürfte sich wohl nicht der Gefahr eines Irrthums aussetzen, wenn man die Zellenmembran der ausgebildeten Zelle um mehr als das Zehnfache schwerer annimmt als bei den jüngsten Zellen. Auch die physikalische und wahrscheinlich auch die chemische Beschaffenheit der Zellenmembran ändert sich. Das Cytoblastem, worin sich zunächst die Zellenkerne bilden, besteht aus Körnchen, analog den Schleimkörnchen, in welchen sich nach Schleiden (Müller's Archiv 1838.

Tab. III. Fig. 2) die Cytoblasten der Pflanzenzellen bilden. Nach Schleiden schlagen sich jene Schleimkörnchen innerhalb einer Mutterzelle aus einer Gummilösung nieder. Bei den Federn bilden sich die Zellen nicht in Mutterzellen, sondern in der Nähe der organisirten Matrix. Ohne Zweifel wird aber von dieser auch nur eine Flüssigkeit ausgeschwitzt und diese dann erst in eine körnige Substanz umgewandelt. Wie sich die Kerne in dem Cytoblastem bilden, ob durch Aneinanderfügung der kleineren Kügelchen, ob das Kernkörperchen zuerst da ist u. s. w., habe ich nicht untersucht. Der Kern wächst noch eine Zeit lang mit der Zelle, und diese bildet sich schon um ihn, ehe er seine volle Gröfse erreicht hat. Das Cytoblastem der Zellen des Federmarkes wird von der zunächst liegenden, mit Gefäfsen versehenen Substanz, nämlich von der sogenannten Matrix geliefert. Zwischen diesem aber und jenem körnigen Cytoblastem fand ich bei jungen Hühnerfedern noch eine Schichte sehr kleiner, äufserst blasser, runder, kernloser Zellen, eine Art unvollkommenen Epitheliums, so dafs nicht einmal eine unmittelbare Berührung jenes Cytoblastems und der organisirten Substanz Statt findet.

Die Rinde des Schaftes der Feder ist von faseriger Struktur. Hier scheint auf den ersten Blick die Zellentheorie Schiffbruch zu leiden; man wird aber bald eines Anderen belehrt, wenn man die Entstehung dieser Fasern an dem noch unvollständig gebildeten Theile der Rinde einer in der Bildung begriffenen Feder innerhalb der Scheide untersucht. Man sieht alsdann, dafs die Rinde aus grofsen platten Epitheliumzellen besteht, von denen jede einen schönen Kern mit einem oder zuweilen auch zwei Kernkörperchen zeigt. Diese Epitheliumtafeln sind theils lange platte Streifen, theils von einer unregelmäfsigen rhombischen Form. Sie hängen sehr fest zusammen. Aus jeder Zelle entstehen nun mehrere Fasern, und diese Uebergänge sind an verschiedenen Stellen desselben Präparates leicht zu erkennen und Tab. II. Fig. 13 darge-

stellt. Die Zellen sind Anfangs platte Tafeln, welche einen glatten Rand haben, ein wenig körnig aussehen und einen sehr deutlichen Kern enthalten (Fig. 13. a). Allmählig kommen an ihren Rändern und auf ihrer Fläche undeutliche Fasern zum Vorschein, die an den Rändern isolirt hervorstehen, in der Fläche der Tafeln aber durch die Substanz der Tafel mit einander verbunden sind (Fig. 13. b). Die Fasern sind noch blafs, der Kern der Tafel noch vollständig sichtbar. Später werden die Fasern schärfer und dunkler begrenzt, ragen an den Rändern mit gröfseren isolirten Stücken hervor, der sie unter einander verbindende Theil der Tafel wird undeutlicher, und der Kern fängt an zu verschwinden, ist aber noch bestimmt erkennbar, besonders das Kernkörperchen (Fig. 13. c). Endlich verschwindet alle Spur der ursprünglichen Zelle. Von einem Kern ist nichts mehr zu sehen, sondern nur dunkle, straffe, dünne Fasern, die zwar innig zusammenhängen, aber sich doch auf einer Strecke so lang wie die ursprüngliche Tafel isolirt erkennen lassen (Fig. 13. d). So weit die Beobachtung. Also auch diese Fasern entstehen aus Zellen, und zwar weniger durch Verlängerung der Zellen als durch Theilung des Körpers der Zellen in mehrere Fasern. Da die neben einander liegenden Fasern, wie es scheint, später nicht mehr kontinuirlich zusammenhängen, so mufs ein Theil der ursprünglichen Tafel resorbirt sein, und defshalb kann man sich die Entstehung dieser Fasern so vorstellen, dafs, nachdem die beiden Blätter der Tafel mit einander zum Theil oder ganz verwachsen sind, stellenweise eine Resorption eintritt, und zwar so, dafs die nicht resorbirten Stellen in Längslinien liegen und defshalb als Fasern übrig bleiben. Die Wirklichkeit einer Resorption geht ohnehin aus dem Verschwinden des Zellenkerns deutlich hervor. Wir haben keinen Anhaltspunkt, zu beurtheilen, ob die Fasern hohl sind oder nicht. Für uns reicht es hin zu wissen, dafs die Fasern durch eine Umwandlung von Zellen entstehen.

Der Kiel der Feder hat eine ähnliche Struktur, wie die Rinde des Schafts.

Die Fahne besteht aus einzelnen Strahlen, und jeder Strahl ist wieder eine Feder im Kleinen. Die folgende Beschreibung ist von einer unentwickelten Schwungfeder eines Sperlings genommen. Jeder Strahl enthält einen sekundären Schaft, auf der eine sekundäre Fahne seitlich aufsitzt. Der sekundäre Schaft hat die Struktur des Hauptschaftes und besteht aus einer zelligen Marksubstanz und einer festen Rinde. Die sekundäre Fahne besteht aus vielen, mit ihrer Fläche neben einander liegenden Dreiecken, welche eine sehr schmale Basis haben, mit der sie auf dem sekundären Schaft aufsitzen. Jedes Dreieck wird aus platten, mit ihren Kanten aneinander gelagerten Epitheliumzellen zusammengesetzt, von denen jede ihren Kern hat. Die einzelnen Epitheliumtafeln sind unten am breitesten, verschmälern sich gegen die Spitze immer mehr und dehnen sich dafür in der Länge aus. Die Zellenkerne liegen in einer Reihe ungefähr in der Mittellinie des Dreiecks. An der Spitze des Dreiecks verschmälert sich die letzte Zelle zu einer langen Faser. Die vorletzte, drittletzte Zelle u. s. w. verlängern sich da, wo die nächstfolgende Zelle sich an sie ansetzt, nach beiden Seiten in der Fläche des Dreiecks in mehr oder weniger lange spitze Fortsätze.

6) Krystalllinse.

Die Ernährung der Krystalllinse ist von jeher ein Räthsel gewesen. Gefäfslos, wie sie ist, betrachtete man sie entweder als eine Sekretion der Linsenkapsel, oder man schrieb ihr im Allgemeinen ein pflanzenähnliches Leben zu. Wir werden sehen, dafs die letztere Ansicht die richtige ist, und das Auffallende dieser Ernährungsweise verschwindet ganz, wenn man weifs, dafs die organisirten Gewebe ebenfalls wachsen wie die Pflanzen. Mit dem allgemeinen Ausdruck, die Linse führe ein pflanzliches Leben, ist aber nicht viel ausgedrückt, wenn man nicht das Verhältnifs der Elementargebilde der Linse zu den Pflanzen-

zellen nachweist. Die Linse besteht aber bekanntlich aus concentrischen Schichten, die von charakteristischen Fasern gebildet werden, welche, um in das Detail nicht einzugehen, im Allgemeinen von der vordern Seite der Linse nach der hintern laufen.

Um das Verhältnifs dieser Fasern zu den Elementarzellen der organischen Gewebe kennen zu lernen, mufs man auf die Entwicklung derselben beim Embryo zurückgehen. Untersucht man die Linse eines 8 Tage bebrüteten Hühnchens, so findet man noch keine Fasern, sondern sie besteht aus runden, äufserst blassen und durchsichtigen glatten Zellen. Einige enthalten den charakteristischen Zellenkern, andere lassen keinen Kern entdecken; aufserdem sind noch viele Kerne ohne Zellen da. Bei älteren Hühnchen enthalten einige gröfsere Zellen noch ein oder zwei kleinere in ihrem Innern (s. Tab. I. Fig. 10. d von einem Schweineembryo), und aus der Art, wie diese Zellen sich gegen die Wand der Mutterzelle abplatten, so wie aus der Anwesenheit des Zellenkerns in anderen Zellen, kann man schliefsen, dafs diese blassen Kugeln wirklich Zellen sind, obgleich eine Zellenmembran nicht bestimmt zu unterscheiden ist. Werneck, der sie zuerst beobachtete, nennt sie ebenfalls Zellen.

Die folgenden Zustände der Krystalllinse lassen sich nun an Säugethieren beobachten. Bei Schweineembryonen von 3½ Zoll Länge ist der gröfste Theil der Fasern der Krystalllinse schon fertig gebildet; ein Theil aber ist noch unvollendet; aufserdem sind noch viele runde Zellen da, die ihrer Umwandlung entgegensehen. Die vollendeten Fasern bilden eine Kugel im Centrum der Linse. Eine Schichtung ist in dieser Kugel noch nicht zu bemerken. Die Fasern lassen sich leicht von einander trennen und laufen bogenförmig von der vorderen Seite der Linse nach der hinteren. Diese von den vollständigen Fasern gebildete Kugel wird in der Peripherie der Linse von einer dicken und breiten Zone noch unvollendeter Fasern umgeben. Diese haben ziemlich denselben Verlauf, nämlich

bogenförmig von der vorderen Fläche der Linse zur hinteren. Sie erreichen aber weder vorn, noch hinten die Achse, sondern diese Faserzone ist in der Mitte am dicksten, verschmälert sich gegen die vordere und hintere Fläche der Linse hin allmählig und hört, ohne dafs die Fasern vorn irgendwo zusammenstofsen oder die Achse erreichen, ganz auf. Eine Schichtung ist in dieser Zone ebenfalls nicht zu bemerken; die Fasern lassen sich leicht in der ganzen Breite der Zone isoliren. Untersucht man nun die Enden dieser Fasern, so sieht man, dafs sie entweder blofs einfach abgerundet sind, oder dafs sie in eine kleine runde Anschwellung enden, oder endlich, dafs sie in gröfsere Kugeln (Zellen) übergehen, oder man kann umgekehrt richtiger sagen, dafs gröfsere Kugeln oder Zellen sich in diese Fasern verlängern (s. Tab. I. Fig. 12). Der Uebergang der Zellen in die Fasern ist entweder ganz allmählig oder ziemlich plötzlich, aber selbst im letzteren Falle geht die Kontur der Zelle unmittelbar in die der Faser über, so dafs die letztere nicht blofs an die Kugel angeheftet, sondern eine wahre Fortsetzung derselben ist. Diese in Fasern sich verlängernden Zellen stimmen nun ganz überein mit anderen benachbarten, noch ganz runden Zellen, die wieder mit den Zellen übereinstimmen, die beim Hühnerembryo die gröfste Masse der Krystalllinse bilden. Es sind runde, äufserst blasse, glatte, durchsichtige Zellen von sehr verschiedener Gröfse (s. Tab. I. Fig. 10). Einige haben einen sehr schönen, scharf begrenzten, ovalen, gewöhnlich nicht abgeplatteten Kern, der noch ein oder zwei Kernkörperchen enthält und an ihrer Wand anliegt. Einige Zellen sind kaum gröfser als der in ihnen liegende Kern, z. B. Fig. 10 b. Einige dieser Zellen enthalten junge Zellen in sich, z. B. Fig. 10. d, und da man hier die Abplattung derselben gegen die Wand der Mutterzelle sieht, so scheint die Existenz einer besonderen Zellenmembran an der Mutterzelle, also die wahre Natur jener Kugeln als Zellen unzweifelhaft. Diese wurde ohnehin schon durch die Anwesenheit des Kerns und durch die

für blofse Schatten doch zu scharfen Konturen der Zellen wahrscheinlich. Die sehr deutlichen Kernkörperchen in den nicht abgeplatteten Kernen liegen innerhalb derselben an ihrer Wand, nicht in der Mitte, wie Fig. 11 zeigt.

Da nun, wie wir beim Hühnchen gesehen haben, die runden Zellen das Primäre bei der Krystalllinse sind, und Anfangs sich keine Fasern finden, da sich in der weiter entwickelten Krystalllinse der erwähnten Schweineembryonen viele Fasern und weniger runde Zellen und zugleich Zellen zeigten, welche sich in die Fasern verlängerten, so mufs man die Fasern überhaupt als verlängerte Zellen betrachten. Eine Zellenmembran ist an den Fasern zwar nicht zu unterscheiden und auch an den runden Zellen nicht mit Sicherheit zu erkennen. So sicher sie sich aber aus den oben angeführten Gründen an den runden Zellen erschliefsen liefs, so sicher mufs sie auch an den Fasern vorhanden sein. Bei den Schweineembryonen findet man auch oft noch Kerne an den Fasern. Die Fasern sind zum Theil platt. Mehrmals habe ich auch eine Aneinanderreihung von Zellenkernen beobachtet, weifs aber nicht, was sie zu bedeuten haben. Es mag auch wohl eine Verschmelzung mehrerer Zellen zu einer Faser vorkommen, doch habe ich darüber keine entscheidenden Beobachtungen. Bei Fischen, z. B. einem jungen Hecht, sieht man auch oft die Verlängerung der Zellen in Fasern sehr deutlich.

Viele Fasern der Krystalllinse besonders bei Fischen zeigen, wie Brewster gefunden hat, eine auffallende Eigenthümlichkeit, indem ihre Ränder gezähnelt sind. Tab. I. Fig. 13 stellt eine solche Faser aus der innersten Schichte der Krystalllinse eines Hechtes dar. Die Fasern sind platt und ihre scharfen Ränder mit langen Zähnen versehen, welche so liegen, dafs zwei benachbarte Fasern mit diesen Zähnen in einander greifen. Hier zeigt sich nun eine vollständige Uebereinstimmung mit einer Form von Pflanzenzellen, die Fig. 14 abgebildet ist. Es ist eine Epidermiszelle einer Grasart. Sie ist lang gestreckt, ganz

platt und seitlich mit ganz ähnlichen Zähnen wie die Fasern der Krystalllinse versehen, und greift auch mit diesen Zähnen zwischen die Zähnelung der benachbarten Zellen ein. Beide Figuren sind bei derselben Vergröfserung gezeichnet. Die abgebildeten Faserzellen der Krystalllinse haben etwas längere Zähne im Vergleich mit der Breite der Zelle. Doch gehören diese auch zu den am stärksten gezähnelten Zellen. Es kommen an derselben Krystalllinse von den äufseren Schichten nach den inneren alle möglichen Uebergangsstufen dieser Zähnelung vor, von den glatten oder nur fein eingekerbten Zellen bis zu den stark gezähnelten, wie sie die Abbildung zeigt. Diese auffallende Uebereinstimmung einer so sonderbaren Form eines thierischen Gebildes mit einer ähnlichen Modifikation der Pflanzenzellen ist eine eklatante Bestätigung für die Richtigkeit der Deutung, dafs die Fasern der Krystalllinse wirkliche Zellen sind, so sehr sie auch von dem Grundtypus der Zellenform abweichen.

Die Ernährung der Krystalllinse hat nun in ihrer Erklärung nicht mehr Schwierigkeit als die Ernährung der Pflanzen. Die Zellen wachsen durch ihre selbstständige Kraft, und Blutgefäfse sind nicht nothwendig, da die ernährende Flüssigkeit aus einer Zelle in die andere fortgeleitet werden kann. Auch ist eine krankhafte Veränderung des Zellenlebens möglich, wodurch der Zelleninhalt undurchsichtig wird. —

So ähnlich die zu dieser Klasse gehörigen Gebilde im Allgemeinen unter einander sind, so finden wir hier doch schon weit mannichfaltigere Modifikationen der Zellenform als in der vorigen Klasse, ja der Typus aller Veränderungen, wodurch sich die später zu betrachtenden organisirten Gewebe aus den einfachen Zellen entwickeln, ist bei diesen sogenannten unorganisirten Geweben schon vorgebildet. Die Grundform der Zellen ist auch hier die Kugelform, die bei dem dichten Zusammenliegen der Zellen durch mechanische Ursachen in eine polyedrische Form

übergeht. Von dieser Grundform kommen Modifikationen, die sich nicht mechanisch erklären lassen, nach zwei entgegengesetzten Richtungen vor, indem sich die Zellen entweder von zwei entgegengesetzten Seiten zu Tafeln abplatten, oder nach zwei Richtungen hin in Cylinder oder Fasern verlängern. Eine Abplattung der Zellen sahen wir in der vorigen Klasse schon bei den Blutkörperchen. Sie zeigt sich hier z. B. bei dem tafelförmigen Epithelium nicht nur stärker und bis zum Verschwinden der Zellenhöhle, sondern es kommt selbst von dieser Form noch eine Modifikation vor, nämlich die Verlängerung dieser Tafeln nach zwei Seiten zu einem platten Streifen, z. B. an dem Epithelium der inneren Venenhaut, und noch viel stärker in der Rinde des Schaftes einer Rabenfeder. Die Verlängerung der Zellen zu Cylindern oder Fasern zeigt sich in geringerem Grade schon beim Epithelium vieler Schleimhäute, z. B. des Darms, welches nach Henle aus palisadenartig neben einander gestellten Cylinderchen besteht. An dem unteren Ende dieser Cylinderchen kommt schon eine Zuspitzung derselben vor, oder die Cylinderchen verschmälern sich nach unten in ihrer ganzen Länge und werden dadurch zu kleinen Kegeln. Viel auffallender ist diese Verlängerung der Zellen in lange Cylinder (Fasern genannt) bei der Krystalllinse. Allein selbst diese Fasern oder cylindrischen Zellen der Krystalllinse erleiden noch bedeutende Modifikationen, indem sie sich 1) oft von zwei Seiten zu platten Bändern abplatten, 2) indem sich die Ränder dieser Bänder oft zähneln. Diese Zähnelung entsteht wahrscheinlich dadurch, dafs sich die Wände dieser Bänder an einzelnen ziemlich regelmäfsig auf einander folgenden Stellen stärker ausdehnen und daher ausstülpen, während die daneben liegenden Stellen zurückbleiben. Man kann bei der Krystalllinse der Fische alle verschiedenen Stufen dieser Zähnelung beobachten, wenn man die Fasern der Krystalllinse von aufsen nach der Mitte der Linse hin untersucht. In diesem platten und gezähnelten Zustande gleichen nun die Zellen der Kry-

stalllinse ganz den Epidermiszellen mancher Gräser, und diese Uebereinstimmung mit unzweifelhaften Pflanzenzellen ist ein Beweis, dafs diese Zellen trotz der Modifikationen, welche sie erleiden, ihren Charakter als Zellen nicht verlieren. Ist die angegebene Erklärung der Entstehung dieser Zähnelung die richtige, so ist sie im Grunde nicht wesentlich verschieden von der Verlängerung der Zellen in Cylinder oder Fasern. Letztere setzt ebenfalls eine stellenweise stärkere Ausdehnung der Zellen voraus. Sie findet hier nur an einer oder an zwei entgegengesetzten Stellen einer Zelle statt, während sie bei der Zähnelung an vielen einzelnen Stellen eintritt. Daran reiht sich aber wieder die Form vieler Pigmentzellen, wo diese stellenweise Ausdehnung der Zelle nach mehreren Seiten hin in weit höherem Grade eintritt und eine unregelmäfsig sternförmige Figur der Zellen entsteht. Die Verlängerungen dieser Zellen behalten aber ihren Charakter als hohle Fortsetzungen der Zellen selbst dann noch, wenn sie sich beinahe zur Feinheit der Zellgewebefasern verschmälert haben. So viel über die allgemeine Form der Zellen dieser Klasse.

Der Unterschied zwischen Zellenmembran und Zelleninhalt tritt nirgends deutlicher hervor als in den vollkommen entwickelten Zellen dieser Klasse. Dieser Unterschied ist bei den ausgebildeten Zellen des Federmarkes so scharf, wie er nur immer bei den Pflanzen vorkommen kann. Verfolgt man aber diese Zellen rückwärts zu ihrer frühesten Entwicklungsstufe, so kann es wohl kaum zweifelhaft sein, dafs die Bildung hier zwar dieselbe, aber die Zellenmembran aus den oben S. 41 angegebenen Gründen nicht so deutlich unterschieden werden kann. Die Elementarzellen der Gewebe der folgenden Klassen erheben sich meistens nicht über diese frühere Entwicklungsstufe der Federzellen, sondern gehen von dieser Stufe aus die Veränderungen ein, welche zur Bildung der späteren Gewebe nothwendig sind; sie sind defshalb aber eben so sicher Zellen, als diese jüngeren Federzellen Zellen sind, obgleich

die Zellenwand nicht so deutlich unterschieden werden kann, als es in ihrem vollkommen ausgebildeten Zustande möglich ist.

Der Zelleninhalt ist entweder eine durchsichtige Flüssigkeit, z. B. an den nicht eingetrockneten Zellen des Federmarks oder bei der Krystalllinse, wo er Eiweifs enthält, oder eine feinkörnige Masse, wie bei vielen Epitheliumzellen, oder Pigmentkörnchen, oder der Zelleninhalt fehlt ganz, weil die Zellenwände durch die Abplattung sich unmittelbar berühren. Die Luft in den Zellen des Marks erwachsener Federn ist wohl nur beim Eintrocknen von aufsen eingedrungen. Ein Kern von der charakteristischen Form fand sich, mit Ausnahme einiger Zellen der Krystalllinse, konstant in allen Zellen dieser Klasse. Er ist aber nicht, wie in der vorigen Klasse, ein persistentes Gebilde, sondern wird bei den ausgebildeten Zellen in sehr vielen Fällen resorbirt. So im Federmark, in den obersten Epidermisschichten, bei den Nägeln, bei der Krystalllinse u. s. w.

Bei allen diesen Veränderungen bleiben die Zellen der Regel nach selbstständig, d. h. jede Zelle behält ihre besondere Wand und ihre geschlossene eigenthümliche Höhle. Indessen kommen auch schon hier ausnahmsweise mehr oder weniger innige Verschmelzungen der Zellenwände und selbst der Zellenhöhlen vor. Die Epitheliumplättchen des Nagels hängen so innig zusammen, dafs man nur selten die Kontur eines Plättchens ringsum sieht. Eben so scheint es bei dem Epithelium der Gefäfse des Erwachsenen. Die Verschmelzung scheint indefs nicht vollkommen zu sein, denn durch die Anwendung konzentrirter Säuren lassen sich die Plättchen des Nagels etwas leichter von einander trennen. Eine Verbindung der Höhlen mehrerer Zellen scheint bei den Pigmentzellen vorzukommen. Man sieht dort eine mit Pigment gefüllte Fortsetzung einer Zelle ununterbrochen zu einer anderen Zellenhöhle fortgehen (Tab. II. Fig. 9 a). Wahrscheinlich fliefsen die Verlängerungen zweier Zellenhöhlen hier an einer Stelle zu-

sammen, die Zellenwände verwachsen dort mit einander und die Scheidewand wird resorbirt, so dafs ein ununterbrochener Gang aus Einer Zellenhöhle in die andere entsteht. Ich bin nicht sicher, ob nicht auch ein ähnlicher Procefs bei einigen Fasern der Krystalllinse vorkommt.

Allein die Veränderungen der Zellen beschränken sich auch hierauf noch nicht. In der Rinde des Federschaftes tritt ein ganz entgegengesetzter Procefs, eine Theilung der Zellen in Fasern ein. Es entstehen auf diese Weise aus Einer Zelle mehrere Fasern, die Anfangs noch durch die übrige Substanz der Zelle mit einander verbunden sind, später aber sich auf gröfsern Strecken isoliren lassen. Eine Verlängerung der Zellen in diese Fasern findet zwar auch hiebei Statt, allein derHauptheil der Fasern wird aus dem Körper der Zellen durch Theilung desselben gebildet.

Anlangend die Entstehung der Zellen, so ist es konstant, dafs die Zellen um so kleiner sind, je jünger sie sind, wie Henle vom Epithelium schon nachgewiesen hatte. Wir haben nun bei einzelnen Geweben gesehen, dafs der Kern zuerst da ist, und um ihn erst sich die Zelle bildet, so dafs der Kern der wahre Cytoblast ist, und dafs er in derselben Lage zur Zelle liegt, wie bei den Pflanzen, nämlich excentrisch an der inneren Wandfläche. Zelle und Kern wachsen noch eine Zeit lang, jedoch die Zelle stärker als der Kern. Gewöhnlich wird nach vollendeter Ausbildung der Zelle der Kern resorbirt. Die Entstehung und das Wachsthum der Zellen und das ganze Schicksal des Kerns ist demnach wie bei den Pflanzenzellen, und wir dürfen unbedenklich diese Zellen den Pflanzenzellen parallelisiren. Die Menge des Cytoblastems ist in keiner Klasse geringer als in dieser. Die Wände der Zellen liegen im unausgebildeten Zustande dicht an einander, höchstens mit einem Minimum von Intercellularsubstanz an Stellen, wo drei Zellen zusammenstofsen, und nur zwischen den Zellenkernen, um die sich noch keine Zellen gebildet haben, ist eine etwas gröfsere Quantität Cytoblastem vorhanden.

Die hier abgehandelte Klasse der Gewebe und die in der folgenden Klasse zu untersuchenden Zähne werden als unorganisirte Gewebe zusammengefafst, und ihr Wachsthum durch eine Sekretion von der sogenannten Matrix hergeleitet. Denkt man sich darunter, dafs die Hornsubstanz von der Matrix abgesondert wird und an der Luft erhärtet, so ist die Ansicht offenbar irrig. Was man Hornsubstanz nennt, sind entweder blofs die Zellenwände, nämlich wenn die Zellen platt sind, und kein Zelleninhalt da ist, oder Zellenwände und Zelleninhalt zusammen, wenn die Zellen polyedrisch sind, z. B. bei den Klauen. Alle diese Zellen sind selbstständige Gebilde, die organisch wachsen. Denkt man sich aber darunter, dafs die organisirte Matrix nur das Cytoblastem liefert (secernirt, wenn man will), so ist nichts Erhebliches dagegen einzuwenden. Die Zellen des Horngewebes bedürfen zu ihrem Wachsthum einer ernährenden Flüssigkeit. Diese wird, wie bei allen Geweben, durch das Blut zugeführt. Da die Blutgefäfse aber hier nicht zwischen den Zellen des Horngewebes selbst verlaufen, so mufs die ernährende Flüssigkeit von der zunächst liegenden Substanz, in der Blutgefäfse sich befinden, geliefert werden, und in diesem Sinne läfst sich diese nächste organisirte Substanz Matrix nennen. Ob nun aber dieses von der Matrix ausschwitzende Cytoblastem einen specifischen Charakter hat, und defshalb Hornzellen sich darin bilden, oder ob sich in dem Cytoblastem Hornzellen bilden aus demselben Grunde, wefshalb an einer anderen Stelle des Körpers Muskelzellen, Zellgewebezellen u. s. w. entstehen, nämlich bedingt durch den Plan des ganzen Organismus, diefs läfst sich für jetzt nicht entscheiden. Charakteristisch bleibt es für die ganze Klasse von Zellen, mit Ausnahme der Krystalllinse, die ich in dieser Beziehung nicht untersucht habe, dafs die neuen Zellen, so viel es bis jetzt wenigstens scheint, nicht zwischen den schon gebildeten, sondern nur in dem Cytoblastem zunächst der organisirten Substanz, wenn gleich nicht immer in unmittelbarer Berührung mit dersel-

ben, entstehen. Die Zähne müssen schon defshalb von dieser Klasse getrennt werden, weil hier, wie wir weiter unten sehen werden, ein ganz anderes Verhältnifs der Zellen eintritt. Bei den Knorpeln, selbst so lange sie noch keine Gefäfse enthalten, entstehen die neuen Zellen nicht nur an der Oberfläche des Knorpels, sondern auch zwischen den jüngst gebildeten Zellen.

Die Chorda dorsalis bildet den Uebergang von dieser Klasse zu der folgenden. Auf der höchsten Stufe ihrer Entwicklung bleiben die Zellenwände getrennt, und erst im Stadium ihrer Dekrepidität an den Rudimenten derselben, bei den Knochenfischen verschmelzen sie, und es zeigen sich Fasern zwischen den Zellenhöhlen. Gefäfse scheint sie nicht zu besitzen. Die Bildung der neuen Zellen geschieht an ihren Enden, z. B. in der Schwanzspitze der Froschlarven; aber sie ist nicht auf die Oberfläche beschränkt, sondern scheint auch zwischen den jüngst gebildeten Zellen vor sich zu gehen, indem man hier auch Cytoblasten in der Intercellularsubstanz zwischen den schon fertigen Zellen sieht. Die Chorda dorsalis nähert sich dadurch den Knorpeln, unterscheidet sich aber von ihnen dadurch, dafs sie, wie J. Müller gefunden hat, in kochendem Wasser nicht verändert wird, und dadurch, dafs die Zellenkerne platt sind, während die Kerne der Knorpelzellen rund oder elipsoidisch sind.

Rechnet man die Chorda dorsalis hierher, so liefert sie, wie wir gesehen haben, ein Beispiel von Erzeugung von Zellen in Zellen. Diese jungen Zellen innerhalb der eigentlichen Zellen der Chorda dürften aber eine verschiedene Bedeutung haben, da sie nicht wie die letzteren aus Cytoblasten zu entstehen scheinen. Auch bei der Krystalllinse erzeugen sich Zellen in Zellen. Bei allen übrigen Geweben dieser Klasse findet, mit wenigen Ausnahmen, die Entstehung der neuen Zellen nur aufser den vorhandenen Statt.

III. Klasse.

Gewebe, in denen die Zellenwände unter einander oder mit der Intercellularsubstanz verschmolzen sind.

Diese Klasse ist schon dadurch charakterisirt, dafs sie die festesten Gebilde des thierischen Körpers umfafst, nämlich die Knorpel, Knochen und die substantia propria und ossea der Zähne. Der Typus dieser Gewebe im erwachsenen Zustande ist der: Man sieht in einer festen durchscheinenden Substanz eine Menge kleiner rundlicher Höhlen, oder Höhlen, von denen Kanälchen sternförmig ausgehen, oder endlich blofse Kanälchen ziemlich gleichmäfsig zerstreut. Die Höhlen comuniciren nicht unmittelbar mit einander, die Kanälchen aber vereinigen sich oft. An beiden ist im erwachsenen Zustande keine besondere Zellenmembran zu unterscheiden, wohl aber lassen sich im früheren Zustande die Höhlen als Zellen, d. h. als hohle, mit einer eigenthümlichen Haut umschlossene Räume, und die Kanälchen als hohle Fortsetzungen von Zellen nachweisen. Die Zwischensubstanz der Höhlen wird entweder dadurch hervorgebracht, dafs die Wände der Zellen sich verdicken und dann zu einer gleichartigen Substanz verschmelzen, oder, was viel häufiger ist, dadurch, dafs sich die Intercellularsubstanz in gröfserer Quantität entwickelt, und eine Verschmelzung der unverdickten oder wenig verdickten Zellenwände mit dieser Intercellularsubstanz eintritt. Für jetzt kann ich zwar noch nicht mit Sicherheit behaupten, dafs wirklich überall, z. B. bei den Knorpeln der höheren Thiere, eine Verschmelzung der unverdickten Zellenwände mit der Intercellularsubstanz stattfindet, und in sofern ist die Charakteristik dieser Klasse durch die blofse Verschmelzung der Zellenwände noch nicht ganz sicher. Sollte diefs nicht überall statt finden,

so mufs die starke Entwicklung einer festen Intercellularsubstanz in diesen Fällen mit zu Hülfe genommen werden, eine Eigenthümlichkeit, die sonst nirgendwo vorkommt.

Von den hierher gehörigen Geweben haben wir die Knorpel und Knochen schon oben betrachtet. Allein theils um Behufs einer Zurückführung der Zähne auf die Knochen die Struktur der letzteren wieder ins Gedächtnifs zurückzurufen, theils um einige seitdem gemachte Beobachtungen daran zu knüpfen, sei es mir erlaubt, in der Kürze die Hauptsache über die Knorpel und Knochen zu wiederholen. Die früheren Beobachtungen wurden schon im Februar niedergeschrieben, wo ich nur wenige und nur erwachsene Froschlarven hatte, und auch Säugethierfötus selten waren. Es ist daher Manches nachzutragen, was früher zweifelhaft bleiben mufste.

1) Knorpel und Knochen.

Die Struktur der Knorpel ist überall wesentlich dieselbe. Sie bestehen aus Elementarzellen mit dazwischen liegender Intercellularsubstanz. Letztere ist entweder in so geringer Quantität vorhanden, dafs sich die Zellenwände an den meisten Stellen unmittelbar berühren und defshalb zu einer polyedrischen Form gegen einander abplatten, z. B. bei den Kiemenknorpeln der Fische, oder sie ist in gröfserer Quantität vorhanden, so dafs die Zellen darin zerstreut erscheinen, wie in dem Fucusgewebe. Das Wachsthum der Knorpel geschieht theils durch Entwicklung der vorhandenen Zellen, theils durch Bildung neuer Zellen. Die Entwicklung der vorhandenen Zellen besteht in einer Ausdehnung derselben, einer Verdickung ihrer Wände, Umwandlung ihres Inhaltes, und oft ist damit auch Vermehrung der Intercellularsubstanz verbunden. Diese Processe scheinen in der ganzen Dicke des Knorpels vor sich gehen zu können. Anders verhält es sich mit der Entstehung neuer Zellen. Diese geschieht nur an gewissen Stellen, nämlich an der Oberfläche des Knorpels oder zwi-

schen den jüngst gebildeten Zellen. Wir haben schon oben bei den Kiemenstrahlen der Fische gesehen, dafs die wenigst entwickelten Zellen an der freien Spitze und an den Seitenrändern lagen. Das Stäbchen, welches ein solcher Kiemenstrahl darstellt, wächst nicht dadurch, dafs sich in seiner ganzen Länge neue Zellen zwischen den alten bilden, sondern seine Ausdehnung in die Länge wird dadurch hervorgebracht, dafs in der Nähe der freien Spitze sich neue Zellen entwickeln, und in der Breite wächst es durch Bildung neuer Zellen in der Nähe der Seitenwände. Bekannt ist es schon, dafs die Röhrenknochen vorzugsweise auf der Oberfläche und am Ende der Diaphysen wachsen. Dadurch nähern sich die Knorpel der vorigen Klasse; allein es findet doch eine bedeutende Verschiedenheit Statt. Die neuen Zellen bilden sich nämlich nicht blofs an der Stelle, wo der Knorpel mit der organisirten Substanz zunächst in Berührung ist (es ist hier überhaupt nur von der Periode die Rede, wo der Knorpel noch keine eigenen Gefäfse hat), sondern auch in der Intercellularsubstanz zwischen schon weiter entwickelten Zellen, nicht blofs an der Oberfläche, sondern auch zwischen den jüngst gebildeten Zellen.

Die Art, wie sich nun die Knorpelzellen bilden, läfst sich an den Kiemenknorpeln junger Larven von Pelobates fuscus beobachten. Man mufs nur die Knorpel ganz frisch aus dem lebenden Thiere nehmen; denn alles wird viel undeutlicher, wenn auch nur das ganze Thier eine Zeit lang nach dem Tode im Wasser liegen bleibt. Untersucht man nach Abstreifung der Schleimhaut die Ränder des Knorpels, so sieht man, dafs die Intercellularsubstanz zwischen den Knorpelzellen sich über die äufsersten Zellen fortsetzt, und selbst über die am meisten nach aufsen gelegenen Zellen noch einen dünnen Ueberzug bildet, so dafs der Rand des Knorpels nicht unmittelbar von den Knorpelzellen selbst gebildet wird. Die Knorpelzellen liegen also vollständig eingebettet in dieser Intercellularsubstanz, welche ihr Cytoblastem ist. In diesem Cytoblastem, nicht

in den schon vorhandenen Zellen, entstehen nun auch die neuen Zellen, und zwar sowohl in dem Theile des Cytoblastems, welcher die fertigen Knorpelzellen aufsen überzieht (aber immer eingeschlossen von diesem Cytoblastem, nicht an der äufsern Fläche desselben), als auch in der Intercellularsubstanz zwischen den jüngst gebildeten Zellen (s. Tab. III. Fig. 1). Man sieht nämlich theils blofse Zellenkerne, die etwas kleiner sind als die Kerne der erwachsenen Zellen a b, theils Kerne, die dicht von einer Zelle umgeben sind c c, kurz alle Uebergangsstufen von blofsen Zellenkernen und mit kleinen Zellen umgebenen Kernen bis zu den erwachsenen Zellen, so dafs also hier die Entwicklung wie bei den meisten Zellen geschieht und der Kern der wirkliche Cytoblast derselben ist. Die Zellen sehen Anfangs feinkörnig aus, nicht so durchsichtig, wie im erwachsenen Zustande. Der Kern wächst noch eine Zeit lang mit der Zelle; auch wird die Zellenmembran erst im erwachsenen Zustande deutlich, indem sie immer dicker wird. Sie wird aber so evident, dafs man ganz deutlich ihre doppelten Konturen, namentlich auch die äufsere, der Intercellularsubstanz zugewendete erkennt und die Dicke der Wand messen kann (s. die Figur). Die Form der jungen Zellen hängt von dem Raume ab, der zu ihrer Ausdehnung disponibel ist. Sie sind daher entweder rund oder eckig, je nachdem die benachbarten Zellen eine regelmäfsige Ausdehnung erlauben oder diese beschränken. Indem sich nun zwei oder mehrere Zellen nahe zusammen in einem Intercellularraum entwickeln, und dabei die schon gebildeten Zellen und die Intercellularsubstanz nach aufsen von dieser Zellengruppe gedrängt werden, kommt es, dafs meistens zwei bis vier Zellen zu einer Gruppe zusammenliegen, von einander durch dünnere Wände getrennt, während zwischen dieser Gruppe und der umgebenden Zelle dickere Wände sind. Diese Gruppen entstehen also wenigstens gewöhnlich nicht durch Entwicklung mehrerer Zellen in einer Mutterzelle, sondern in einem Intercellularraum, was früher unentschieden bleiben mufste.

In einzelnen Knorpelzellen entstehen später junge Zellen, und zwar, wie oben gezeigt wurde, ebenfalls um Cytoblasten, die sich vorher in den Knorpelzellen erzeugen. Allein diese jungen Zellen haben wahrscheinlich nicht die Bedeutung der eigentlichen Knorpelzellen. Die Kiemenknorpel der Batrachierlarven weichen also in ihrer Struktur nicht wesentlich von den Knorpeln der höheren Thiere ab, und die Hauptverschiedenheit der Knorpel überhaupt beruht nur auf der gröfseren oder geringeren Menge des vorhandenen Cytoblastems, und darauf, ob die Zellenwände mehr oder weniger zur Bildung der Zwischensubstanz zwischen den Zellenhöhlen beitragen.

Bei einigen Säugethierknorpeln ist die Intercellularsubstanz Anfangs weich, so dafs bei leisem Druck die Zellen aus einander fallen und frei in der Flüssigkeit herumschwimmen. Schneidet man z. B. bei einem 3½ Zoll langen Schweinefötus von dem verknöcherungsfähigen, aber noch nicht verknöcherten Knorpel am Winkel des Unterkiefers eine dünne Lamelle ab und bringt sie unter das Compressorium, so sieht man darin die Zellen so dicht liegen, dafs man den von den Zellen eingenommenen Raum etwa auf drei Viertel, die Intercellularsubstanz etwa auf ein Viertel des ganzen Volumens schätzen kann. Viele Zellen, die sich durch den Schnitt losgetrennt haben, schwimmen schon in der Flüssigkeit. Komprimirt man nun ein wenig, so lösen sich noch bei weitem mehr Zellen und fliefsen in Strömen aus der Intercellularsubstanz in die daneben befindliche Flüssigkeit. Die Intercellularsubstanz ist zu weich, um die Trennung zu verhüten; später geschieht dies nicht mehr. Nach Meckauer lassen sich auch durch Kochen die Knorpelkörperchen isolirt erhalten. Es gelang mir auch einmal, an jenen jungen Knorpeln eine Zelle, die noch im Zusammenhange geblieben war, zu zerquetschen. Die Zelle dehnte sich nämlich bei der Kompression Anfangs in der Breite aus; plötzlich sank sie zusammen, während eine klare Flüssigkeit ausströmte. Der Inhalt der Zelle war also flüssig und durchsichtig.

Da nun dennoch diese Zellen, einige mehr, andere weniger körnig aussehen, so müssen auch die Zellen der verknöchernden Knorpel eine eigenthümliche Hülle haben, die körnig ist, also wirkliche Elementarzellen in unserem Sinne des Wortes, nicht blofse Aushöhlungen in der Substanz, noch ganz solide Körperchen sein. Damit stimmt auch ganz das Ansehen der frei umherschwimmenden Zellen. Sie sehen ebenfalls körnig aus, während der Inhalt klar zu sein scheint. Alle enthalten einen sehr schönen ovalen oder auch runden, nicht platten Zellenkern an ihrer inneren Wandfläche, der noch ein oder zwei sehr distinkte Kernkörperchen enthält; kurz sie stimmen ganz mit den Elementarzellen der meisten übrigen Gewebe überein. Manchmal gelingt es auch, durch Essigsäure an einem dünnen Knorpelplättchen die Zellenwände sichtbar zu machen, und die Essigsäure gewährt zugleich den Vortheil, die zuweilen, wenn nämlich der Zelleninhalt körnig ist, undeutlichen Zellenkerne zum Vorschein zu bringen, indem sie den Zelleninhalt auflöst. Tab. III. Fig. 2 stellt ein solches mit Essigsäure untersuchtes Knorpelstückchen aus dem noch unverknöcherten Theile des Darmbeines eines fünf Zoll langen Schweineembryo dar. Man sieht die Zellenwände mit ihren doppelten Konturen und unterscheidet die beleuchtete und die Schattenseite in der Dicke der Wände.

Durch Miescher's Untersuchungen steht nun die Identität der Knochen und Knorpelkörperchen fest. Wir haben aber gesehen, dafs die Knorpelkörperchen Zellen sind, und von den Knochenkörperchen ist es bekannt, dafs sie Höhlen sind, von denen sternförmig sehr feine Kanälchen ausgehen. Die Knopelzellen müssen sich also bei der Verknöcherung in diese Form umwandeln. Dies kann aber entweder geschehen durch Verdickung der Zellenwände und Uebrigbleiben von Porenkanälchen in denselben oder durch Umwandlung der rundlichen Knorpelzellen in sternförmige Zellen. Oben S. 34 wurden einige Gründe und Gegengründe für die eine oder die andere Ansicht aufgestellt. Ich bin aber auch jetzt noch nicht im Stande,

mich für eine dieser Ansichten bestimmt zu entscheiden, da ich zu wenig Untersuchungen über den Akt der Verknöcherung angestellt habe. Ich gebe der letztern Ansicht, nämlich der Betrachtung der Knochenkörperchen als sternförmige Zellen, nur deſshalb den Vorzug, weil ich von der Bildung der Porenkanälchen sonst keine Analogie bei Thieren kenne, während wir die Bildung sternförmiger Zellen oben beim Pigment genauer verfolgt haben. Die Aehnlichkeit sternförmiger Pigmentzellen mit Knochenkörperchen ist manchmal sehr auffallend, wie z. B. die in Tab. II. Fig. 9 am meisten nach rechts liegende Zelle zeigt. Nach dieser Ansicht sind also die Knochenkörperchen die Knorpelzellen, die sich nach mehreren Seiten hin in hohle Fortsetzungen verlängert haben. Die kompakte Knochensubstanz ist Intercellularsubstanz, jedoch ist es wahrscheinlich, daſs die Wände der sternförmigen Knochenzellen einen, wenn auch nur sehr kleinen Theil dieser kompakten Substanz bilden.

Bei der Verknöcherung wird die Kalkerde zuerst in dieser Intercellularsubstanz abgelagert, und wahrscheinlich später auch in der Zellenhöhle. Die Substanz erscheint dabei oft zuerst dunkelkörnig, später wird sie erst gleichmäſsig dunkel und das Körnige verliert sich. Wenn wir, wie es doch höchst wahrscheinlich ist, annehmen, daſs die Kalkerde in dem Knochen nicht als fein zertheilte Körnchen, sondern in einer den chemischen Verbindungen analogen Verbindung mit der Knorpelsubstanz enthalten ist, so kann man sich die Art, wie die Verbindung mit Kalkerde vor sich geht, auf doppelte Weise vorstellen; entweder die Kalkerde verbindet sich mit einem Stückchen Knorpelsubstanz, so daſs jedes kleinste Theilchen zuerst ein Minimum von Kalkerde erhält und allmählig immer mehr, bis das ganze Knorpelstückchen seine gehörige Menge Kalkerde erhält; oder die Kalkerde verbindet sich zuerst nur mit einzelnen der kleinsten Theilchen des Knorpels, mit diesen aber vollständig in dem Verhältniſs, wie es ihre Sättigungskapacität erfor-

dert; allmählig erhalten dann auch die übrigen Theilchen nach einander ihren gehörigen Antheil von Kalkerde, so dafs jedes kleinste Theilchen nicht eher Kalkerde chemisch bindet, bis es sich vollständig damit sättigen kann. Die letztere Ansicht scheint mir bei weitem wahrscheinlicher, wegen der Analogie mit den anorganischen Verbindungen und wegen des oben erwähnten körnigen Ansehens, welches der in der Verknöcherung begriffene Knorpel hat. Denn nach der ersten Ansicht müfste sich um den Markkanälchen, in deren Nähe die Ablagerung der Kalkerde zuerst beginnt, eine nach aufsen immer blasser werdende dunkle Schattirung zeigen, nicht aber ein körniges Ansehen.

Bei der Aehnlichkeit, welche die jungen Knorpelzellen, besonders wenn sie sich in Fasern verlängern, mit den eigentlichen Faserzellen haben, z. B. mit den primitiven Zellgewebezellen, die ebenfalls Anfangs in einer Menge von strukturlosem Cytoblastem liegen, ist der Uebergang des Knorpelgewebes in das Fasergewebe durch die Faserknorpel leicht einzusehen. Jede primitive Zellgewebezelle, also auch jedes aus ihr entstandene Faserbündel, entspricht Einem einzelnen Knorpelkörperchen.

2) Zähne.

Die Zähne wurden früher zu den Knochen gerechnet, später aber als gefäfslose Gebilde bei dem Horngewebe abgehandelt. Seit der Entdeckung von Miescher aber, dafs bei den Knochen die Gefäfse auch nur in den Markkanälchen verlaufen, seit der Beobachtung von J. Müller, dafs die Zähne ebenfalls beim Kochen Leim geben, wie die Knochen, und seit der Auffindung von Knochenkörperchen in der eigenthümlichen Zahnsubstanz durch Retzius scheint es passender, die Zähne wieder mit den Knochen in eine Klasse zu stellen, um so mehr, da wir jetzt wissen, dafs das Vorhandensein oder die Abwesenheit von Gefäfsen keinen wesentlichen Unterschied in dem Wachsthum begründet. Die Stellung der Zähne ne-

ben die Knochen wird für uns aufserdem defshalb nothwendig, weil in der eigentlichen Zahnsubstanz eine Verschmelzung der Zellenwände vor sich zu gehen scheint. Die Zähne bestehen bekanntlich aus der eigenthümlichen Substanz, aus der Knochensubstanz und aus dem Schmelz.

a. Zahnschmelz.

Der Zahnschmelz besteht nach Purkinje aus dicht zusammengedrängten viereckigen, oder nach Retzius sechseckigen Prismen, die ungefähr senkrecht auf der Oberfläche der substantia propria stehen und in kleinen Biegungen nach aufsen verlaufen. Der Schmelz ist Anfangs weich, und kratzt man in diesem Zustande etwas von dem Schmelz ab, so erhält man nach J. Müller an beiden Enden zugespitzte Nadeln. Nach Behandlung des jungen Schmelzes mit Salzsäure bleibt nach Purkinje, Raschkow und nach Retzius etwas organische Substanz zurück, während nach Berzelius der Schmelz an erwachsenen Zähnen nicht zwei Procent davon enthält. Ueber das Nähere verweise ich auf die vortrefflichen Arbeiten von Purkinje, Raschkow und Fränkel, und von Retzius, J. Müller und von Linderer.

Legt man einen ganzen, aus dem Zahnsäckchen genommenen, unreifen Zahn vom Menschen oder von einem Säugethier, z. B. dem Schwein, in verdünnte Salzsäure, so läfst sich nach Auflösung der Kalkerde die vom Schmelz zurückbleibende organische Substanz von der eigenthümlichen Zahnsubstanz im Zusammenhange trennen. Sie hat ganz die Form und Gröfse des Schmelzes vor der Behandlung mit Salzsäure. Sie ist sehr weich und bricht namentlich leicht nach der Richtung der Schmelzfasern. Bei starker Vergröfserung und gedämpftem Licht untersucht, zeigt sie sich aus dicht zusammenliegenden Prismen zusammengesetzt, wie der Schmelz selbst, und diese Prismen lassen sich auch einzeln isoliren, bilden also jedes für sich etwas Selbstständiges (s. Tab. III. Fig. 3). Diese organische Substanz kann also nicht, wie Raschkow und Re-

tzius sie betrachteten, ein blofses Depositum aus der Feuchtigkeit sein, wovon die Schmelzfasern Anfangs umgeben sind, gewissermafsen ein Abgufs der Schmelzfasern, sondern die Schmelzfasern müssen entweder eine Verknöcherung dieser Prismen sein, oder diese Prismen müssen hohl und in ihnen die anorganische Substanz abgelagert sein. Beim Schmelz von Schweinezähnen sind die Konturen dieser organischen Prismen bei gedämpftem Licht, im Vergleich mit ihrem Innern, so dunkel, dafs man sie kaum für blofse Schatten eines soliden Prismas halten kann und eine mit einer dünnen Membran umgebene Höhle vermuthen mufs. Beim Menschen aber ist der Unterschied weit weniger auffallend, so dafs es unentschieden bleiben mufs, welche von beiden Ansichten die richtige ist.

Wie entstehen nun diese Schmelzprismen? Nach Purkinje und Raschkow ist die Zahnkrone aufsen von einer eigenthümlichen Membran, der Schmelzmembran, umgeben, deren innere Fläche von kurzen sechseckigen Fasern gebildet wird, die senkrecht auf der Membran stehen und gegen den Schmelz hin gerichtet sind, so dafs jede Faser der Schmelzmembran einer Schmelzfaser entspricht. Untersucht man den Theil der Schmelzmembran, woraus jene Fasern hervorkommen, so erkennt man darin besonders an dem Theile der Schmelzmembran, welcher der Wurzel des Zahns zunächst liegt, bald die charakteristischen Zellenkerne zum Theil mit Kernkörperchen. Sie liegen in einer feinkörnigen Substanz. An vielen Stellen aber sieht man, dafs dieses feinkörnige Ansehen durch körnige Zellen hervorgebracht wird, in denen jene Kerne liegen. Jeder Kern ist nämlich mit einem runden Hof von feinen Körnchen umgeben und scheint in einer Kugel zu liegen, die feinkörnig ist, und wir wissen, dafs diefs die Grundform der meisten Elementarzellen ist. Einige dieser Zellen verlängern sich nach verschiedenen Seiten in sehr feine Fasern; diefs scheinen junge Zellgewebezellen. Die meisten aber sind rund. Die Fasern oder Prismen, welche von der innern Fläche der Membran gegen die Schmelz-

fasern hin gerichtet sind, haben nach Raschkow wegen ihres dichten Zusammenliegens eine sechseckige Form angenommen. Sie sehen den Epitheliumcylinderchen auf Schleimhäuten sehr ähnlich, nur dafs sie in ihrer ganzen Länge, so weit sie aus der unterliegenden Membran hervorragen, prismatisch sind. Ich möchte sie daher auch nur für verlängerte Zellen halten. Sie enthalten auch im frischen Zustande einen sehr deutlichen Zellenkern, der wieder sein Kernkörperchen zeigt (s. Tab. III. Fig. 4). Sie liegen oben ganz dicht an einander; an dem Theile der Schmelzmembran aber, der gegen die Wurzel des Zahns hin sich erstreckt, werden sie viel seltener und stehen einzeln, so dafs man hier auch die oben beschriebene Struktur der unterliegenden Membran erkennt, und ich vermuthe, dafs die oben erwähnten runden Zellen der frühere Zustand dieser prismatischen Zellen sind. In welchem Verhältnifs stehen nun diese prismatischen Zellen der Schmelzmembran zu den Prismen des Schmelzes? Purkinje und Raschkow glaubten, dafs jede Faser der Schmelzmembran ein Excretionsorgan, ein Drüschen, sei und die ihm entsprechende Schmelzfaser absondere. Bei unseren veränderten Ansichten vom Wachsthum der nicht organisirten Gewebe verliert aber diese früher sehr ansprechende Erklärung sehr von ihrer Wahrscheinlichkeit. Es lassen sich aber verschiedene andere Erklärungen an die Stelle setzen; doch reichen meine Beobachtungen nicht hin zu entscheiden, welches die richtige ist. Man kann sich 1) vorstellen, dafs die organische Grundlage der Schmelzprismen Zellen sind, die sich selbsständig auf der Zahnsubstanz bilden und fortwachsen, ohne mit den Prismen der Schmelzmembran in einer anderen Verbindung zu stehen als der, dafs letztere das Cytoblastem liefert. Bei dieser Erklärung würde man aber die auffallende Uebereinstimmung, dafs die Schmelzmembran ähnliche Prismen zeigt, wie der Schmelz, als etwas Zufälliges betrachten müssen. Sie würde aber nothwendig werden, wenn sich nachweisen liefse, dafs zwischen Schmelzmembran und

Schmelz noch eine eigenthümliche Substanz liegt, die ich mehrmals an Backenzähnen vom Schwein beobachtet habe. Sie ist sehr weich und voll von Blasen, so dafs sie wie eine Schlacke aussieht. Wenn ich mich recht erinnere, so erwähnt Purkinje ihrer auch, obgleich ich augenblicklich die Stelle nicht wiederfinden kann. Sie lag zwischen der Schmelzmembran und dem Zahn, doch habe ich mich nicht überzeugt, ob sie auch an solchen Stellen lag, wo die Schmelzbildung schon begonnen hatte, ob sie also wirklich die Kontinuität der Schmelzmembran und des gebildeten Schmelzes unterbrach. Die zweite Erklärung wäre die, dafs die Schmelzprismen die kontinuirliche Fortsetzung der Prismen der Schmelzmembran bildeten, welche an ihrer einen Seite mit Kalkerde gefüllt sein könnten. Diese Erklärung ist sehr unwahrscheinlich, und es spricht auch der allzu lockere Zusammenhang zwischen beiden Gebilden dagegen. Die dritte Erklärung, die mir für jetzt am wahrscheinlichsten vorkommt, ist die, dafs die prismatischen Zellen der Schmelzmembran sich von dieser trennen und mit dem schon gebildeten Schmelz verwachsen, während sich zugleich entweder ihre Höhle mit den Kalksalzen füllt, oder während sie in ihrer ganzen Dicke verknöchern, nachdem vorher ihre Höhle mit einer organischen Substanz gefüllt ist. Durch diese Erklärung wird die Bildung des Schmelzes mit dem Wachsthum der übrigen in der vorigen Klasse abgehandelten unorganisirten Gewebe in Uebereinstimmung gebracht. Denkt man sich z. B. dafs die Schleimhautcylinderchen, die sich nach Henle ohnehin immer abstofsen, während sie sich von der Oberfläche der Schleimhaut lösen, zugleich verknöchern, so erhielten wir einen Ueberzug über die Schleimhaut, der aus Kalkcylinderchen bestände, von denen aber jedes noch seine gleichgeformte organische Grundlage hat, wie die Schmelzfasern. Unter diesem Ueberzug lägen noch unverknöcherte Cylinderchen, die, wenn sie ebenfalls verknöchern, jenen Ueberzug verdickten, während auf der Schleimhaut neue Cylinderchen hervorwüchsen. Bei Zähnen von

Erwachsenen, die also lange Zeit der Mundflüssigkeit ausgesetzt waren, ist die organische Grundlage äufserst gering an Quantität, wie ich vermuthe in Folge einer chemischen Auflösung der organischen Substanz durch die Mundflüssigkeit.

b. Eigenthümliche Substanz des Zahns.

Die eigenthümliche Substanz des Zahns besteht bekanntlich aus einer strukturlosen Substanz, welche von vielen Kanälchen durchzogen wird. Diese Kanälchen laufen im Allgemeinen strahlenförmig von der Zahnhöhle nach der äufsern Fläche des Zahns, und geben nach Retzius auf diesem Wege oft Aeste ab. Die peripherischen Endigungen sind äufserst fein; gegen die Zahnhöhle hin werden die Kanälchen dicker und münden, wenn die Pulpa entfernt ist, frei in die Zahnhöhle. J. Müller hat sowohl an dünnen geschliffenen Zahnplättchen, als an Lamellen, die mit Salzsäure ausgezogen wurden, auf dem Bruche beobachtet, dafs die Kanälchen als etwas Selbstständiges hervorragten, also mit einer besondern Membran umgeben waren, die Retzius auch auf dem Durchschnitt erkannte. Purkinje und Müller beobachteten, dafs wenn man Zähne in Dinte legt, diese in die Kanälchen eindringt, so dafs also die Kanälchen hohl sein müssen. Kalkerde scheint entweder gar nicht in ihnen, oder nur in den feinsten Kanälchen enthalten zu sein. Nach Retzius kommen in vielen Zähnen Körperchen vor, die wie Knochenkörperchen aussehen und, wie sie, strahlenförmig feine Kanälchen ausschicken.

In welchem Verhältnifs steht nun die eigenthümliche Substanz des Zahns zu den Zellen? Ich mufs hier mit dem Geständnifs beginnen, dafs ich nicht im Stande bin, diese Frage mit Sicherheit zu beantworten, und nur, weil der Zusammenhang es erfordert, theile ich die folgende Untersuchung, unreif wie sie ist, mit. Purkinje und Raschkow beschreiben die Bildung der Zahnsubstanz auf folgende Weise: Primordio substantia dentalis e fibris

multifariam curvatis convexis lateribus sese contingentibus ibique inter se concrescentibus composita apparet. . . . . In ipso apice istae fibrae aequaliter quamcunque regionem versus se diffundunt, attamen parietes laterales versus directio longitudinalis praevalet, dum fibrae sinuosis flexibus aequalique modo se invicem contingentes ibique ubi concavae apparent lacunas inter se relinquentes, ab apice coronali radicem versus ubicunque procedunt. Nonnisi extremi earum fines tunc molles sunt ceterae autem partes brevissimo tempore indurescunt . . . . Substantiae dentalis formationis secundum crassitudinem processus pari modo ac primo ejus ortu cogitandus est. Postquam . . . . . fibrarum dentalium stratum depositum est, idem processus continuo ab externa regione internam versus progreditur, germinis dentalis parenchymate materiam suppeditante . . . . Convexae fibrarum dentalium flexurae, quae juxta latitudinis dimensionem crescunt, dum ab externa regione internam versus procedunt, sibi invicem appositae continuos canaliculos effingunt, qui ad substantiae dentalis peripheriam exorsi multis parvis anfractibus ad pulpam dentalem cavumque ipsius tendunt, ibique aperti finiuntur, novis ibi, quamdiu substantiae dentalis formatio durat, fibris dentalibus aggregandis inservientes (Raschkow Meletemata circa mammalium dentium evolutionem Vratislav. 1835. p. 6).

Ich kann nicht leugnen, dafs mir in dieser Beschreibung Manches unklar ist. Wenn ich sie aber recht verstehe, so entsteht die Zahnsubstanz aus Fasern, die schichtenweise sich um die Pulpa, welche den Stoff dazu hergiebt, bilden, dann mit einander verwachsen, aber Lücken zwischen sich lassen, welche die Zahnkanälchen sind. Die Kanälchen der Zahnsubstanz können wir jetzt nicht mehr als blofse Lücken zwischen den Fasern betrachten, da sie nach Müller mit eigenen Wänden versehen sind. Allein in der Erklärung der festen Substanz wird dadurch nichts geändert.

Läfst man einen aus dem Zahnsäckchen genommenen

Zahn einige Tage in nicht zu sehr verdünnter Salzsäure liegen, so wird die nach Ausziehung der Kalkerde Anfangs noch knorpelharte Zahnsubstanz ganz weich, so dafs man sie nur in kleinen Stückchen mit der Pinzette herausnehmen kann. Untersucht man diese breiige Masse, so sieht man, dafs sie aus Fasern besteht, die stellenweise sich isoliren lassen (s. Tab. III. Fig. 5). Diese Fasern sind zu dick, um etwa die Wände der Kanälchen zu sein: sie bilden die ganze Substanz. Auch können sie nicht wohl Kunstprodukt sein, etwa indem die in die Kanälchen eindringende Säure die ihnen zunächst liegende Substanz zuerst auflöste und dadurch die Zwischensubstanz als eine Faser zurückbliebe; dafür sind sie zu regelmäfsig und glatt. Es scheint vielmehr, dafs die Zahnsubstanz aus diesen Fasern zusammengesetzt ist, die mit einander verwachsen sind, dafs sie also identisch mit den Fasern sind, durch deren Verschmelzung, nach Purkinje und Raschkow, der Zahnknorpel sich bildet, und dafs diese Verschmelzung der Fasern nicht so vollständig ist, dafs sie nicht künstlich wieder aufgelöst werden könnte. Die Fasern laufen an Menschenzähnen in derselben Richtung wie die Kanälchen. Zwischen ihnen konnte ich die Kanälchen nicht mehr sehen. Nur in der äufsersten, unmittelbar unter dem Schmelz liegenden Schichte der Zahnsubstanz sah ich die Fasern nicht, sondern hier war die Masse durch die Salzsäure mehr zerfallen, und es liefen darin feinere Fasern anderer Art in den verschiedensten Richtungen durch einander, welche, wie ich vermuthe, Reste der Zahnröhrchen waren.

Wir müssen also die Zahnsubstanz betrachten als zusammengesetzt aus mit einander verschmolzenen Fasern, zwischen denen Kanälchen mit eigenthümlichen Wänden verlaufen. Fasern und Kanälchen stehen beim Menschen ungefähr senkrecht auf der Zahnhöhle. Was haben nun die Fasern und was die Kanälchen mit den Zellen zu schaffen? Ich möchte mich zu der älteren Ansicht hinneigen, dafs die Zahnsubstanz die verknöcherte Pulpa ist. Nach Purkinje und Raschkow besteht die Pulpa An-

fangs aus beinahe gleichen Kügelchen ohne Gefäfse und Nerven. Später entstehen Gefäfse und zuletzt auch Nerven darin. An der Oberfläche sind die Kügelchen mehr geordnet und mehr in die Länge ausgedehnt, und unter senkrechten oder wenig spitzen Winkeln nach aufsen gekehrt. Diese in die Länge gezogenen Kügelchen sind nun offenbar cylindrische Zellen. Sie enthalten sehr deutlich an frischen Zähnen den charakteristischen Zellenkern mit seinen Kernkörperchen, und sind sehr ähnlich den Prismen der Schmelzmembran (Tab. III. Fig. 4). Das Innere der Pulpa besteht aus runden Zellen, ebenfalls mit einem Kern versehen, und zwischen diesen Zellen laufen Gefäfse und Nerven. Zieht man die Pulpa eines jungen Zahns aus dessen Höhle los, und untersucht man dann die Zahnsubstanz entweder frisch oder nachdem man vorher die Kalkerde mit Salzsäure ausgezogen hat, so bleibt auf der inneren Fläche derselben, wenigstens unten, wo die schon gebildete Zahnsubstanz noch dünn und weich ist, eine Schichte der cylindrischen Zellen der Pulpa sitzen. Diese haben ungefähr die Dicke wie die soliden Fasern der Zahnsubstanz und auch denselben Verlauf, und da sie auf der einen Seite offenbar der Pulpa angehören, wegen ihrer Uebereinstimmung mit den cylindrischen Zellen, die auf der übrigen Oberfläche der Pulpa sitzen geblieben sind, und da sie auf der anderen Seite doch mit der Zahnsubstanz fester zusammenhängen als mit der Pulpa, und an der ersteren hängen bleiben, so vermuthe ich, dafs hier ein Uebergang statt findet und die cylindrischen Zellen der Pulpa nur der frühere Zustand der Zahnfasern sind, indem diese Zellen sich mit organischer Substanz füllen, solid werden und verknöchern. Zuweilen finden sich diese Cylinderchen an der Zahnsubstanz nicht, aber dann sieht man an ihrer Stelle eine Menge von Zellenkernen. Diese sind sehr blafs und innig mit der Zahnsubstanz verbunden, so dafs man sie leicht übersieht; aber wenn man einmal auf sie aufmerksam geworden ist, sind sie durchaus unverkennbar und liegen mit äufserst kleinen Zwi-

schenräumen neben einander. Gegen die Ansicht, dafs die Zahnsubstanz der verknöcherte Theil der Pulpa ist, hat man die leichte Trennbarkeit beider von einander eingeworfen, und ich erkenne das Gewicht dieses Einwurfs wohl an. Allein er wird dadurch wenigstens geschwächt, dafs wirklich ein Theil der Pulpa an der Zahnsubstanz hängen bleibt, und dadurch, dafs z. B. bei halb verknöcherten Rippen der Knorpel sich auch leicht vom verknöcherten Theil trennen läfst, und dafs beim Zahn die Trennung um so leichter sein mufs, je gröfser der Unterschied in der Konsistenz der Zahnsubstanz und der Pulpa ist. Es sind daher wenigstens Gründe genug, um ein näheres Eingehen in das Detail dieser Ansicht zu erlauben. Die Pulpa stimmt mit allen anderen Geweben des Fötus, also auch mit den Knorpeln dadurch überein, dafs sie aus Zellen besteht; sie unterscheidet sich in der Konsistenz von Säugethierknorpeln defshalb, weil die Menge des Cytoblastems, dem der Säugethierknorpel seine Härte verdankt, sehr gering ist, indem wenigstens die cylindrischen Zellen der Oberfläche der Pulpa ganz dicht an einander liegen. In dieser Hinsicht steht die Pulpa gewissen Knorpeln niederer Thiere näher, wo das Cytoblastem auch in geringer Menge vorhanden und die Konsistenz der Knorpel vorzugsweise durch Verdickung der Zellenwände hervorgebracht wird. Ob bei dem vermutheten Uebergange der Zellen der Pulpa in die Zahnfasern die Ausfüllung der Höhle auch durch Verdickung der Zellenwände geschieht, weifs ich nicht, da ich diesen Uebergang nicht wirklich beobachtet habe. Wenn er wirklich geschieht, so verschwindet dabei die Höhle der Zellen in der Regel vollständig, so dafs also keine Knorpelkörperchen übrig bleiben. Aus den Beobachtungen von Retzius aber darf man vermuthen, dafs doch auch einige Zellen ihre Höhlen behalten und selbst in sternförmige Zellen sich umwandeln, da Retzius wahre Knochenkörperchen in der Zahnsubstanz sah. Wenn nun so die oberste, aus cylindrischen Zellen bestehende Schichte der Pulpa durch Verknöcherung in Zahnsubstanz verwan-

delt ist, so müssen die zunächst im Parenchym der Pulpa darunter liegenden runden Zellen sich auch zuerst in cylindrische verwandeln, die Gefäfse dieser Schichte obliteriren und dann auch diese Schicte verknöchern u. s. f.

Was sind nun aber die Zahnkanälchen? Retzius vergleicht sie mit den von den Knochenkörperchen ausgehenden Kalkkanälchen des Knochens, und ich war Anfangs auch dieser Meinung, indem ich sie als Verlängerungen von Zellen betrachtete, deren Körper in der Pulpa liegt. Zieht man nämlich bei Schweinezähnen die Pulpa aus der Zahnhöhle hervor und untersucht den Rand der Pulpa, so sieht man, dafs jede der cylindrischen Zellen der Oberfläche der Pulpa sich gegen die Zahnsubstanz hin in eine kurze feine Faser verlängert, und dafs diese Fasern ungefähr so dicht wie die Zahnkanälchen an der Oberfläche der Pulpa hervorstehen. Ich glaubte nun früher, dafs sie sich in die Zahnröhrchen fortsetzten und die Zwischensubstanz zwischen den Zahnröhrchen blofse Intercellularsubstanz zwischen diesen Verlängerungen der Zellen sei. Allein ich mufste diese Idee aufgeben, weil sich bei Menschenzähnen nichts Aehnliches fand und weil diese Erklärung bei Hechtzähnen auf Schwierigkeiten führte. Nach Retzius findet bei den Zähnen des Hechtes ein unmittelbarer Uebergang der Zahnsubstanz in die Knochensubstanz statt. Sägt man beim Hecht einen der gröfsten Zähne im Unterkiefer ab, zieht mit Salzsäure die Kalkerde aus und macht dann feine Längendurchschnitte, so sieht man, dafs die Zahnsubstanz einen hohlen Kegel bildet, der mit Knochensubstanz angefüllt ist. Die Zahnsubstanz ist durchsichtig und besteht aus Fasern, die von der Spitze gegen die Basis des Kegels laufen. In der Knochensubstanz laufen Kanälchen, die den Markkanälchen in den gewöhnlichen Knochen ähnlich, nur weniger regelmäfsig sind. Mit diesen Markkanälchen der eigentlichen Knochensubstanz hängen nun die Zahnröhrchen zusammen, und man sieht deutlich, dafs diese trichterförmig von den Markkanälchen ausgehen. Die Kanälchen ver-

ästeln sich dann bald in der Zahnsubstanz, und da sie quer durch die Dicke des Zahnkegels laufen, so kreuzen sie sich mit den Zahnfasern. Hiernach würden die Zahnkanälchen den Markkanälchen des Knochens, nicht den von den Knochenkörperchen ausgehenden Kalkkanälchen entsprechen. Eine sichere Deutung der ganzen Strukturverhältnisse der Zahnsubstanz scheint aber erst möglich, wenn man ihre Entwickelung bei sehr verschieden gebildeten Zähnen untersucht.

c. Knochensubstanz der Zähne.

Sie bedarf keiner besonderen Erklärung, da sie ganz mit der gewöhnlichen Knochensubstanz übereinstimmt.

Nachdem wir nun die zu dieser Klasse gehörigen Gewebe im Einzelnen untersucht und mit einander verglichen haben, haben wir noch diese ganze Klasse in ihrem Verhältnifs zu den vorigen zu betrachten und unsere Aufmerksamkeit darauf zu richten, inwiefern durch diese Klasse unsere Kenntnisse über die Veränderungen, welche an den Zellen möglich sind, erweitert werden.

Welche Theile in den Geweben dieser Klasse denen der vorigen entsprechen, liegt am Tage. In der vorigen Klasse bestand das ganze Gewebe aus dicht zusammengedrängten Zellen, und die Intercellularsubstanz war fast Null. Hier finden wir dieses nur auf der niedrigsten Stufe bei den einfachsten Knorpeln. Bei den höher entwickelten Knorpeln, namentlich allen Säugethierknorpeln, liegen die Zellen von einer gröfseren Menge Intercellularsubstanz ringsum eingeschlossen, und diese Intercellularsubstanz bildet die eigentliche Knorpelsubstanz, wozu die Zellenwände dann meistens wenig oder gar nichts beitragen. Die eigentliche feste Substanz dieser höheren Knorpel hat daher ihre Analogie in der vorigen Klasse nur in dem Minimum von Cytoblastem, wodurch die Zellen verbunden sind, entspricht dagegen dem, was in der ersten

Klasse die Flüssigkeit war, in der sich die isolirten Zellen bildeten. Die Knorpelzellen aber sind für diese Klasse dasselbe, was in der vorigen Klasse die Epitheliumzellen, Federzellen u. s. w., und in der ersten Klasse die Blutkörperchen, Schleimkörperchen u. s. w. waren.

Neue Veränderungen in der Form der Zellen haben wir in dieser Klasse nicht gefunden. Die meisten Zellen hatten eine eckige, der runden sich nähernde Form, und aufserdem waren die sternförmigen Zellen sehr häufig, insofern man nämlich die Knochenkörperchen als solche betrachten darf (s. oben S. 34 u. 115). Einzelne Zellen, die sich besonders in der Länge ausdehnten, fanden sich in der Nähe der Oberfläche vieler Knorpel, wo sie als langgestreckte Knorpelkörperchen bekannt sind, doch kommt dies hier nie in dem Grade vor, wie in der vorigen Klasse z. B. bei der Krystalllinse. Die Faserknorpel dagegen bilden den unmittelbaren Uebergang dieser Klasse zur folgenden, indem hier, wie es scheint, aus jedem Knorpelkörperchen sich eine Parthie Fasern bildet, ein Procefs, den wir in der folgenden Klasse am Zellgewebe näher betrachten werden.

Die Bildung der Zellen um den vorher existirenden Kern und ihr allmähliches Wachsthum wurde hier wie in mehreren Gebilden der vorigen Klasse gefunden, und zwar bildeten sich die eigentlichen Knorpelzellen um einen Cytoblasten, der aufser den schon vorhandenen Zellen liegt. Dagegen findet auch innerhalb der eigentlichen Knorpelzellen eine Bildung von Zellen Statt, die aber wahrscheinlich eine von den eigentlichen Knorpelzellen verschiedene Bedeutung haben. In Bezug auf den Ort, wo die jungen Zellen sich bilden, relativ zu dem ganzen Gewebe, schien eine Verschiedenheit von der vorigen Klasse Statt zu finden. Dort bildeten sich nämlich, so viel erkennbar, die jungen Zellen nur da, wo das Gewebe unmittelbar mit der organisirten Substanz in Berührung ist. Bei den Knorpeln fand auch die Bildung der neuen Zellen zwar nicht in der ganzen Dicke des Gewebes, son-

dern, wenigstens so lange der Knorpel selbst noch nicht mit Gefäfsen versehen ist, nur in der Nähe der Oberfläche, also ebenfalls da, wo er in Berührung mit der organisirten Substanz ist, aber doch nicht blofs an der Stelle der unmittelbaren Berührung, sondern auch zwischen den jüngst gebildeten Zellen Statt, gerade so, als ob der Knorpel eine gröfsere Imbibitionsfähigkeit hätte, so dafs das aus den Blutgefäfsen ins Parenchym dringende Cytoblastem schneller in die Tiefe des Gewebes gelangt, und daher selbst hier noch seine frische plastische Kraft hat, oder als ob der Knorpel selbst eine höhere Vitalität hätte, und daher auch das aus den Blutgefäfsen eben so langsam, wie in der vorigen Klasse, eindringende Cytoblastem doch hier seine produktive Kraft länger behielte.

So wenig mannichfaltig die Formmodifikationen der Zellen im Vergleich mit der vorigen Klasse sind, so kommen doch hier zwei auffallende Veränderungen an den Zellen und ihrem Cytoblastem vor, nämlich die Verschmelzung der Zellenwände und die Verknöcherung. Die Verdickung und Umwandlung der Zellenwände waren in der vorigen Klasse, z. B. an den Federn, schon sehr deutlich. Hier findet an mehreren Knorpelzellen noch eine stärkere Verdickung der Zellenwände Statt. Allmählig verschwinden dann aber die äufseren Konturen dieser Wände, und es tritt eine solche Verschmelzung ein, dafs man nur die Zellenhöhlen in einer gleichartigen Substanz liegend erkennt. Die Verschmelzung der Zellenwände findet entweder mit den benachbarten Zellenwänden, wenn sich die Zellenwände unmittelbar berührten, oder mit der Intercellularsubstanz Statt, wenn die Zellen von dieser rings umgeben waren. Ob diese Verschmelzung wirklich vollständig ist, so dafs sie gar nicht aufgehoben werden kann, bedarf einer weiteren Untersuchung, und Thatsache ist blofs, dafs die Zellenwände mikroskopisch nicht mehr unterscheidbar bleiben. Ich will die Trennung der Zahnfasern hier nicht als Beispiel anführen, und in diesem Resumée überhaupt auf die Zähne nicht Rücksicht neh-

men, da ihre Deutung noch zu problematisch ist. Es wurde aber schon erwähnt, dafs es noch zweifelhaft ist, ob wirklich bei allen Knorpelzellen, namentlich der höheren Thiere, eine Verschmelzung der Wände Statt findet.

Die Verknöcherung scheint vorzugsweise, vielleicht ausschliefslich, an den Knorpeln vorzukommen, bei denen eine gröfsere Menge Intercellularsubstanz vorhanden ist. Sie besteht wahrscheinlich in einer chemischen Verbindung der Kalkerde mit dem festen Theile der Knorpelsubstanz. Der Knorpel erhält dabei Anfangs oft ein körniges Ansehen, welches später verschwindet, indem allmählig die ganze Substanz dunkel wird. Dabei findet gleichzeitig eine Umwandlung der Knorpelzellen in die Knochenkörperchen Statt, ein Procefs, der aber in seinen einzelnen Momenten nicht verfolgt wurde, und entweder nach Analogie der Bildung von Porenkanälchen bei den Pflanzen, oder nach Analogie der sternförmigen Pigmentzellen bei den Thieren erklärt werden kann. Wahrscheinlich werden bei der Verknöcherung zuletzt auch die Knochenkörperchen und die davon ausgehenden Kanälchen mit Kalkerde gefüllt.

Die jetzt abgehandelte Klasse hat für uns noch besonderes Interesse, weil sie die erste ist, worin organisirte, d. h. mit Gefäfsen versehene Gebilde vorkommen. Man könnte die Uebereinstimmung der Elementarzellen in nicht organisirten thierischen Geweben mit den Pflanzenzellen zugeben, ohne einen Zusammenhang der organisirten Gewebe, welche gerade das für die Thiere Charakteristische sind, mit der Pflanzenstruktur einzuräumen. Man machte von jeher einen Unterschied in dem Wachsthum der organisirten und nicht organisirten Gebilde, und es wurde schon vielfach im Allgemeinen von einem pflanzlichen Wachsthum der gefäfslosen Gebilde gesprochen, namentlich in Bezug auf die Krystalllinse, wenn auch die Analogie der Elementartheile beider nicht nachgewiesen war. Die Knorpel lehren uns nun zuerst, dafs auch ein Gewebe, welches wenigstens in späterer Periode Gefäfse

enthält, aus Zellen besteht, die in ihrer Entwickelung vollkommen mit den Pflanzenzellen übereinstimmen, dafs also diesen organisirten Geweben ein gleiches Bildungsprincip, wie den nicht organisirten, zu Grunde liegt. Wir werden dasselbe bei den folgenden Klassen sehen, welche die übrigen und zwar die am vollständigsten organisirten und für den thierischen Organismus wichtigsten Gewebe enthalten. Auch hier werden wir die Zellenbildung als Entwicklungsprincip, und die Elementartheile dieser Gewebe als Hervorbildungen aus Zellen erkennen, obgleich man auf den ersten Blick kaum eine Gemeinschaft derselben mit Zellen ahnen kann.

IV. Klasse.

Faserzellen oder Gewebe, die aus Zellen entstehen, welche sich in Faserbündel fortsetzen.

In erwachsenen Thieren unterscheidet man in den Geweben dieser Klasse blofs Fasern als die Elementargebilde. Untersucht man aber die Entstehung dieser Gewebe, so sieht man, dafs die Fasern nur als Fortsetzungen von Zellen sich bilden, und zwar setzt sich eine Zelle gewöhnlich nach zwei entgegengesetzten Seiten hin fort, entweder unmittelbar in ein Büschel von Fasern, oder in eine Faser, die später erst in viele sehr feine Fasern zerfällt. Hierin liegt das Charakteristische dieser Klasse. Den Typus der Verlängerung der Zellen in Fasern haben wir bisher schon mehrmals beobachtet, z. B. bei den Pigmentramifikationen, Knochenkörperchen u. s. w. Die hier zu betrachtenden Zellen unterscheiden sich von jenen dadurch, dafs die aus Einer Zelle entstehenden Fasern gewöhnlich in Bündeln zusammenliegen, und dafs es an diesen Verlängerungen der Zellen hauptsächlich die Wand

ist, welche sich stärker entwickelt, während die frühern in Fasern sich fortsetzenden Zellen hauptsächlich durch die Höhlen sich kennbar machten. Hierher gehören das Zellgewebe, Sehnengewebe und elastische Gewebe.

1) Zellgewebe.

Bekanntlich besteht das Zellgewebe aus äufserst feinen, zähen, glatten Fasern von blasser Kontur, die sowohl nach der Praeparation, als auch, wie man am Mesenterium ohne Praeparation sieht, im natürlichen Zustande gewöhnlich geschlängelt verlaufen. Der gröfste Theil des Zellgewebes läfst sich durch gewaltsames Lufteinpressen aufblasen, und man sieht dann zahllose, mit einander kommunizirende Zellenräume darin, von denen man nicht weifs, ob sie Kunstprodukt sind oder schon vorgebildet waren. Aufserdem enthält auch das Zellgewebe oft Fettbläschen, die, nach Gurlt, von einem dünnen durchsichtigen, nicht faserigen Häutchen umgeben sind, oft eine sechseckige Form haben und hierin dem Pflanzengewebe ähnlich sind (Gurlt's Physiologie der Haussäugethiere S. 19). Um nun das Verhältnifs dieser Bestandtheile des Zellgewebes zu den Elementarzellen kennen zu lernen, mufs man auf die Entstehung des Zellgewebes beim Fötus zurückgehen.

Untersucht man das Zellgewebe z. B. am Halse oder aus der Tiefe der Augenhöhle eines $3\frac{1}{2}$ Zoll langen Schweinefötus, so erkennt man dasselbe als eine gallertartige Substanz, etwas konsistenter als der Glaskörper des Auges, im frühesten Zustande eben so durchsichtig, mit der fortschreitenden Entwicklung aber immer mehr weifslich werdend und von seiner gallertartigen Beschaffenheit verlierend. Bei der mikroskopischen Untersuchung sieht man darin mehr oder weniger zahlreiche kleine Körperchen verschiedener Art, die jedoch bei einem Fötus des angegebenen Alters nicht zahlreich genug sind, um die ganze gallertartige Substanz zu bilden, sondern sich noth-

wendig in einer durchsichtigen strukturlosen Ursubstanz von gallertartiger Beschaffenheit, die wir vorläufig schon Cytoblastem nennen wollen, befinden müssen. Je weifser die Zellgewebegallerte dem blofsen Auge erscheint, um so gröfser ist die Zahl der darin enthaltenen Körperchen, die daher bei der Entwicklung immer mehr zunimmt, während sich das Cytoblastem immer mehr vermindert. Da das Cytoblastem an und für sich seiner Durchsichtigkeit halber nicht erkennbar ist, sondern nur daraus geschlossen wird, dafs die mikroskopisch sichtbaren Körperchen, so lange sie noch selten sind, nicht die ganze Gallerte bilden können, und dafs sie, wenn man sie bewegt, sich durch ein unsichtbares Band zusammenhängend zeigen, so kann man sich nicht mehr von der Existenz dieses Cytoblastems überzeugen, wenn die Körperchen sehr zahlreich sind. Wahrscheinlich bleibt es aber zwischen den Zellgewebefasern durch das ganze Leben. Am meisten vorwaltend, daher auch am deutlichsten nachweisbar, ist dies Cytoblastem in der zwischen Chorion und Amnion gelegenen Gallerte bei etwas älteren Schweinefötus, wo man es durch Färbung mit Jodine am Rande des Präparats deutlich sichtbar machen kann. Eben so evident ist es in dem Zellgewebe junger Froschlarven. Durch das Auseinanderziehen erhält es zuweilen ein undeutlich faseriges Ansehen; aber man darf daraus nicht auf eine faserige Struktur schliefsen, da jeder zähe Stoff auf diese Weise ein faseriges Ansehen erhält. Da in dem Cytoblastem die Zahl der Körperchen bei der Entwicklung immer mehr zunimmt, so scheint das Cytoblastem als das Primäre betrachtet werden zu müssen, so zwar, dafs zuerst etwas Cytoblastem da ist, in dem dann jene Körperchen entstehen, zugleich aber wieder neues Cytoblastem gebildet wird, in dem sich dann ebenfalls neue Körperchen erzeugen, während zugleich in dem früher vorhandenen die Bildung von Körperchen fortschreitet.

Von diesen Körperchen kann man bei Säugethierembryonen drei Arten unterscheiden, von denen sich die

erste Art am frühesten beim Fötus und auch in jedem Zellgewebe entwickelt, die anderen aber später und, wie es scheint, nicht in allem Zellgewebe entstehen. Wir wollen daher die erste, allein wesentliche Art: eigentliche Zellgewebekörperchen, oder nach ihrer bald zu erörternden Bedeutung: Faserzellen des Zellgewebes nennen; die zweite Art sind die Fettzellen; die dritte Art bilden runde Zellgewebezellen, deren Bedeutung ich noch nicht bestimmt habe ermitteln können.

a. Eigentliche Zellgewebekörperchen oder Faserzellen des Zellgewebes. Das Zellgewebe befindet sich nicht in allen Theilen desselben Fötus auf derselben Entwicklungsstufe. Bringt man etwas Zellgewebe von einer mittlern Entwicklungsstufe etwa vom Halse eines 4—7 Zoll langen Schweinefötus unter das Mikroskop, so sieht man darin eine Menge Körperchen von verschiedener Form. Die gröſste Mehrzahl aber sieht aus wie in Tab. III. Fig. 6 a, nämlich es sind spindelförmige oder längliche Körperchen, die in der Mitte am dicksten sind und nach ihren beiden Enden sich in feine Fasern allmählig verlängern. Man kann also daran den dickern Theil oder den Körper und die davon ausgehenden Fasern unterscheiden.

Der Körper ist entweder rund oder seitlich ein wenig zusammengedrückt. Seine Oberfläche ist sehr feinkörnig. In seinem Innern und zwar an der dicksten Stelle liegt ein anderes kleines Körperchen von runder oder gewöhnlich ovaler Form, welches in sich noch ein oder zwei kleine dunkle Punkte enthält und durchaus mit den gewöhnlichen Zellenkernen übereinstimmt. Es wird schon dadurch wahrscheinlich, daſs das ganze Körperchen eine Zelle ist mit einem darin enthaltenen Zellenkern. Die Kerne sind nicht in allen Zellen von gleicher Gröſse, noch gröſser aber ist der Unterschied in der relativen Gröſse der Zelle zum Kern. Bei den gröſsten, wie die Zelle a, ist der Körper in der Zelle fast noch einmal so dick als der Kern, und dann kann man unterscheiden, daſs

der Kern nicht in der Mitte, sondern an der Wand der Zelle liegt, wie die Figur zeigt. Gewöhnlich sind aber die Zellen relativ kleiner und kaum etwas gröfser als der Kern, und dies geht so weit, dafs oft die Fasern fast unmittelbar vom Kern zu kommen scheinen, z. B. b der Figur; die Zelle umschliefst hier den Kern ganz dicht. Oft trennen sich Zellen beim Präpariren und schwimmen mit einem Stück der davon ausgehenden Fasern frei im Wasser herum. Man kann dann, indem man sie rollen läfst, sich überzeugen, dafs viele seitlich etwas abgeplattet sind, und dafs der Kern an der Wand innerhalb der Zelle liegt. Bei den gröfsern hat es dann das Ansehen, als ob das Körnige nur durch die äufsere Wand, also durch die Zellenmembran hervorgebracht würde, das Innere aber eine klare Flüssigkeit sei.

Die Zellen gehen trichterförmig durch allmählige Zuspitzung in die Fasern über, und es ist durchaus keine scharfe Grenze zu bemerken. Die Fasern sind blafs, ebenfalls feinkörnig und geben oft Aeste ab. Ihr Verlauf ist im Allgemeinen gerade. Ihr Ende ist schwer zu erkennen; gewöhnlich verlieren sie sich zuletzt in ein Büschel äufserst feiner Fasern.

Die hier beschriebenen Körperchen sind nun die Faserzellen des Zellgewebes auf einer mittlern Entwicklungsstufe, welche zunächst bei der Untersuchung von Fötalzellgewebe auffallen. Wir wollen nun die frühern und dann auch die spätern Entwicklungsstufen betrachten. Aufser diesen Körperchen sieht man nämlich in sehr jungem Zellgewebe noch andere, die sich nicht in Fasern verlängern, sondern mehr oder weniger rund sind. Sie sind körnig und enthalten in sich einen Zellenkern mit Kernkörperchen, und da alle Uebergangsstufen zu jenen in Fasern sich verlängernden Zellen vorkommen, so mufs man sie als die unentwickelten Faserzellen betrachten. In Tab. III. Fig. 6 sind verschiedene Formen derselben dargestellt. Ich will nicht behaupten, dafs alle runden Zellen im Fötalzellgewebe junge Faserzellen sind; wir wer-

den vielmehr weiter unten andere runde Zellen des Zellgewebes kennen lernen, die keine Faserzellen sind. Von diesen lassen sich die jungen Faserzellen nur dann unterscheiden, wenn bei ihnen die Zuspitzung schon begonnen hat; im frühesten Zustande, wo die Zellen noch ganz rund sind, sind fast alle Zellen indifferent. Ob diese Zellen sich um den vorher existirenden Kern bilden, ist schwer mit Bestimmtheit zu ermitteln; es ist aber wahrscheinlich, da man keine Zellen ohne Kern, wohl aber viele Kerne ohne Zellen sieht.

Wir haben also bis jetzt folgende Resultate über den Entwicklungsgang des Zellgewebes gewonnen. In dem strukturlosen gallertartigen Cytoblastem des Zellgewebes bilden sich zuerst kleine runde Zellen wahrscheinlich um den vorher existirenden Kern. Diese mit dem charakteristischen Kern versehenen Zellen spitzen sich nach zwei entgegengesetzten Richtungen hin zu, und diese Spitzen verlängern sich in Fasern, die zuweilen Aeste abgeben und zuletzt in Bündel äufserst feiner Fasern zerfallen, die Anfangs nicht deutlich einzeln unterschieden werden können. Die weitere Entwicklung besteht nun darin, dafs das Zerfallen der beiden vom Zellenkörper ausgehenden Hauptfasern in ein Bündel feinerer Fasern immer mehr gegen den Zellenkörper fortrückt, so dafs später vom Zellenkörper unmittelbar ein Faserbündel ausgeht (s. Tab. III. Fig. 7), dafs die Zerfaserung noch später unmittelbar am Zellenkern beginnt, endlich der Zellenkörper ganz in Fasern zerfällt und der Kern nun blofs auf einem Faserbündel liegt. Zugleich entwickeln sich die Fasern dabei so, dafs sie glatt, einzeln deutlich unterscheidbar werden und ihren geschlängelten Verlauf annehmen, kurz dafs sie das Ansehen gewöhnlicher Zellgewebefasern erhalten (s. die Figur). Indem die Zerfaserung von beiden Seiten gegen den Zellenkern hin fortrückt, bleiben in der Nähe dieses die Fasern am längsten mit einander verbunden, bis zuletzt auch dieser Theil faserig wird. Der Kern bleibt dann noch eine Zeit lang auf dem Faserbündel liegen und

wird endlich resorbirt, so dafs wir nun statt der ursprünglichen Einen Zelle ein Faserbündel haben. Die Figur stellt eine Zelle mit einem Kern dar, welche sich nach oben in die charakteristischen, einzeln unterscheidbaren Zellgewebefasern verlängert, und wo der Zellenkörper nach oben anfängt, in Fasern zu zerfallen; in der Verlängerung nach unten läfst sich nicht unterscheiden, ob schon einzelne Fasern da sind, zu einem Strange vereinigt, oder ob es noch eine einfache Verlängerung der Zelle ist.

Es fragt sich nun: wie hat man sich diese Processe zu denken, die Verlängerung der Zellen in Fasern und das Zerfallen der Fasern und später auch des Zellenkörpers in feinere Fasern? Eine Verlängerung von Zellen in Fasern haben wir schon früher mehrmals beobachtet und bei den sternförmigen Pigmentzellen genauer verfolgt. Hier bei den Faserzellen des Zellgewebes ist der Unterschied blofs der, dafs die Verlängerung gewöhnlich nur nach zwei entgegengesetzten Richtungen vor sich geht, was auch sehr häufig bei Pigmentzellen vorkommt, während umgekehrt auch beim Zellgewebe oft Zellen sich nach mehreren Seiten in Fasern verlängern, z. B. Tab. III. Fig. 8. Die Form mancher Zellgewebe- und Pigmentzellen ist oft auffallend ähnlich, z. B. Tab. III. Fig. 6 a und Tab. II. Fig. 8 e. Der Analogie nach sollte man nun diese Fasern auch für hohl halten, allein da der Zelleninhalt hier nicht so charakteristisch ist, wie bei den Pigmentzellen, so kann bei der Feinheit der Faser die etwa existirende Höhle der Faser nicht in die Beobachtung fallen; man kann daher aus dem Ansehen der Fasern weder etwas für, noch gegen das Hohlsein der Fasern beweisen. Da wir aber schon viele, äufserst feine, hohle Fortsetzungen von Zellen kennen, und auch bei dem Zellgewebe der Uebergang der Zellen in die Fasern durch allmählige Zuspitzung geschieht, so scheint mir für jetzt das Hohlsein der Fasern wahrscheinlicher als ihre Solidität. Wenn man sich nun das Hervorwachsen der Hauptfasern aus Einer Zelle nach der Weise vorstellen kann, dafs an zwei entgegengesetz-

ten beschränkten Stellen die Zellenwand stärker wächst, als an den übrigen Stellen, so kann man sich auf dieselbe Weise die Entstehung der Aeste dieser Hauptfaser und ihre Verlängerung in feinere Fasern denken. Ob auch diese hohl oder solid sind, kann noch weniger Gegenstand der Beobachtung sein. Die Analogie spricht für ihr Hohlsein, und die Kleinheit der Gegenstände setzt dem Wirken der Natur keine Grenze.

Die von den Aesten gegen die Hauptfaser und gegen den Zellenkörper rückwärts schreitende Zerfaserung kann man sich etwa so vorstellen: Man denke sich an einem Handschuh den der Hand entsprechenden Theil als Zellenkörper, die Finger des Handschuhs als ein Faserbündel. Wächst nun in der Spitze des Winkels zwischen zwei Fingern die Membran gegen die Hand hin fort, so wird zuletzt der Handschuh in fünf Fasern zerfallen. Bei den Faserzellen des Zellgewebes kommt aber noch die Schwierigkeit hinzu, dafs die Zerfaserung von zwei entgegengesetzten Seiten hin gegen den Zellenkörper fortrückt und zuletzt eine Faser auf der einen Seite einer andern auf der entgegengesetzten Seite entsprechen mufs. Dies läfst sich aber eben so wenig weiter erklären, als bei der Reproduction der Nerven das Zusammenheilen der entsprechenden Primitivfasern. Dies sind indessen alles nur Versuche, sich die Resultate der Beobachtung deutlich vorzustellen, Vorstellungsweisen, die mannichfache Aenderungen erleiden können, wenn sie nur nicht in Widerspruch mit den Beobachtungen fallen, und diese sind, um es kurz zu wiederholen, folgende: Es sind zuerst mit dem charakteristischen Kern versehene Zellen da, welche sich nach zwei entgegengesetzten Seiten, seltener nach mehreren Seiten hin in Fasern verlängern, die sich in feinere Fasern fortsetzen. Später zeigen sich die Hauptfasern und endlich auch die Zellenkörper in feinere Fasern zerfallen, so dafs statt der ursprünglichen Einen Zelle ein kleines Faserbündel mit einem darauf sitzenden Kern übrig bleibt. Zuletzt verschwindet auch der Kern und die Fasern sind

allein übrig. Alle diese Veränderungen gehen vor sich innerhalb eines structurlosen Cytoblastems, welches wahrscheinlich auch im Erwachsenen zwischen den Zellgewebefasern noch vorhanden ist.

b. Fettzellen. Aufser den erwähnten Faserzellen kommen an vielen Stellen in den späteren Perioden des Fötallebens Fettzellen vor. Sie erscheinen gewöhnlich erst in kleinen Gruppen zwischen den Faserzellen. Es sind runde Zellen von sehr verschiedener Gröfse, welche gewöhnlich von Einem Fetttropfen ganz ausgefüllt werden. Die Zellenmembran, die diesem dicht anliegt, ist äufserst feinkörnig oder, nach Gurlt, structurlos. Gewöhnlich ist sie sehr dünn, etwa halb so dick als ein Blutkörperchen, manchmal ist sie viel dicker, und am Unterhautzellgewebe des Schenkels eines einjährigen rhachitischen Kindes mochte sie (vielleicht im Zusammenhange mit der Krankheit?) beinahe so dick sein wie die Breite eines menschlichen Blutkörperchens. Im früheren Zustande liegt nun innerhalb dieser Zellenmembran ein sehr deutlicher Zellenkern von runder oder ovaler Form, bald abgeplattet, bald nicht. Ist die Zellenmembran dünn, so erhebt er sie in ein Hügelchen über den runden, von der Zellenmembran dicht umschlossenen Fetttropfen nach aufsen hervor; ist die Zellenmembran dick, so liegt er ganz in ihrer Dicke. Er enthält ein oder zwei Kernkörperchen. Nicht selten enthält eine Fettzelle statt Eines Fettropfens eine Menge kleiner Fetttröpfchen, unter denen sich aber gewöhnlich Eines durch seine Gröfse besonders auszeichnet. Am schönsten sieht man die Fettzellen in dem in der Schädelhöhle einer jungen, noch nicht 6 Zoll langen, Plötze liegenden Fette (s. Tab. III. Fig. 10). Hier liegen die Fettzellen in einer so weichen Substanz, dafs sie sich ohne Schwierigkeit isoliren lassen und frei im Wasser herumschwimmen. Sie sind zum Theil so grofs, dafs sie schon mit blofsem Auge sichtbar sind. Man glaubt dann aber

nur ein rundes Fetttröpfchen zu sehen. Unter dem Mikroskop, bei 450facher Vergröfserung, erkennt man aber bald die Zellenmembran, welche sehr dünn ist und den Fetttropfen dicht umschliefst. An der einen Seite erhebt sie sich in ein kleines Hügelchen, und in diesem liegt ein verhältnifsmäfsig grofser, sehr schöner Zellenkern, der oval, nicht abgeplattet ist und ein oder zwei sehr distincte Kernkörperchen enthält. Einige dieser Fettzellen haben zwei solcher Kerne, die sich ganz gleich verhalten und beide die Zellenmembran in ein Hügelchen emporheben. Prefst man eine solche Zelle unter dem Kompressorium, so dehnt sich die Zellenmembran Anfangs bedeutend aus, reifst dann an einer sehr beschränkten Stelle und läfst das Fett ausfliefsen. Hört der Druck auf, so zieht sie sich wieder stark zusammen. Sie hat ein feinkörniges Ansehen, ist nicht faserig, weich und sehr elastisch.

Liegen die Fettzellen dicht zusammen, so platten sie sich gegen einander zu polyedrischen Formen ab und gleichen dann auch, wie Gurlt bemerkt, in ihrem Ansehen den Pflanzenzellen. Wir dürfen sie aber auch jetzt in ihrer Bedeutung diesen parallel stellen. Das Fett ist hier der Zelleninhalt, wie es bei den Pigmentzellen das Pigment, bei den Pflanzenzellen ätherisches Oel u. s. w. ist. In seiner physiologischen Bedeutung als Nahrungsdepositum entspricht es dem Stärkemehl am meisten. Ob bei den Fettzellen der Kern das Primäre ist, weifs ich nicht. In der Schädelhöhle einer Plötze liegen, aufser den Fettzellen, in dem umliegenden Cytoblastem noch blofse Zellenkerne; sie können aber auch Kerne zu den Faserzellen des Zellgewebes sein. Später werden die Kerne resorbirt und zwar bald früher, bald später. An dem oben erwähnten rhachitischen Kinde, welches etwa ein Jahr alt war, waren die Kerne der Fettzellen im Unterhautzellgewebe des Schenkels noch sehr deutlich, während ich am Halse eines siebenmonatlichen Fötus keine Kerne mehr an den Fettzellen finde. Bei der Resorption der Kerne werden entweder seine äufseren Konturen allmählig un-

deutlich und es bleibt nur etwas körnige Substanz an seiner Stelle zurück, die auch zuletzt verschwindet, oder es bilden sich sowohl innerhalb des Kerns selbst als in seiner nächsten Umgebung kleine Fetttropfen, die immer mehr zunehmen, während der Kern allmählig verschwindet. Die Zellenmembran bleibt wahrscheinlich auch noch im erwachsenen Zustande, und sehr interessant ist die Beobachtung von Gurlt, dafs bei abgemagerten Personen die gewöhnlichen Fettzellen mit Serum gefüllt sind.

c. Die dritte Art der im Fötalzellgewebe vorkommenden Zellen bilden runde, meistens äufserst blasse, durchsichtige Zellen (Tab. III. Fig. 9). Sie sind von sehr verschiedener Gröfse, die meisten viel gröfser als die Faserzellen, bis zu der Gröfse der gröfsten Fettzellen. Man sieht sie oft nur bei dem günstigsten Licht, dann aber, wenn man einmal eine gefunden hat und den Grad ihrer Durchsichtigkeit kennt, in sehr grofser Zahl. Sie haben einen deutlichen, an ihrer inneren Wandfläche liegenden Kern, der ein oder zwei Kernkörperchen enthält. Dieser fällt immer zuerst auf, die ihn umgebende Zelle ist entweder ganz durchsichtig, körnerlos oder hat einen körnigen Inhalt, und zwar tritt dieser körnige Niederschlag zuerst in der Nähe des Kerns ein, während der übrige Inhalt noch durchsichtig ist (s. die Figur). Allmählig scheint der ganze Inhalt körnig zu werden. Sie unterscheiden sich von den Faserzellen des Zellgewebes dadurch, dafs sie bei weitem gröfser werden und sich nicht in Fasern verlängern, von den Fettzellen dadurch, dafs sie kein Fett enthalten. Ich habe sie im Zellgewebe aus der Tiefe der Augenhöhle und vom Halse bei Schweinefötus gefunden, und weifs nicht, ob sie allgemein im Zellgewebe vorkommen. Ihre Bedeutung ist mir unbekannt. Man könnte sie für die durch Aufblasen im Zellgewebe zu erhaltenden Zellen halten. Sie müfsten dann bei ihrer weiteren Entwicklung mit einander in Kommunikation treten. Allein dies scheint mir etwas unwahrscheinlich; jene

Räume können sehr wohl blofses Kunstprodukt sein. Eher möchte ich sie für eine Modifikation der Fettzellen halten. So wie nämlich nach Gurlt beim Erwachsenen die gewöhnlichen Fettzellen blofs wässerige Flüssigkeit enthalten können, so kann man sich auch vorstellen, dafs die zur Fettbildung bestimmten Zellen sich vollständig entwickeln, ohne dafs es zur wirklichen Fettbildung in ihnen kommt. Es giebt zwar Fettzellen, die schon im jüngsten Zustande Fett enthalten, allein dies hindert nicht, dafs nicht in anderen Zellen die Fettbildung viel später erfolgt. Man könnte den körnigen Niederschlag in vielen dieser Zellen als Uebergangsstufe zur Fettbildung betrachten.

Das Zellgewebe des Fötus ist chemisch verschieden vom Zellgewebe des Erwachsenen, indem es beim Kochen keinen Leim, wenigstens keinen gelatinirenden Leim giebt. Von einem 4 Zoll langen Schweinefötus wurde die Haut abgezogen, etwas zerhackt und einen Tag lang mit destillirtem Wasser ausgewaschen. Darauf wurde sie 24 Stunden gekocht. Sie zerfiel dabei in kleine Stückchen, welche die Flüssigkeit trübten, und aufserdem schwammen grofse Epidermislamellen darin. Mikroskopisch untersucht zeigte die Epidermis dieselbe Struktur, wie vor dem Kochen; auch die Kerne in den einzelnen Zellen waren deutlich. In der Flüssigkeit schwammen eine Menge Faserzellen, wie sie im frischen Zustande die ganze Cutis zusammensetzen, nämlich längliche Körperchen, die sich an ihren beiden Enden in ziemlich lange Fasern fortsetzen. In einzelnen konnte sogar der Zellenkern noch deutlich unterschieden werden. Diese Faserzellen mit den davon ausgehenden Fasern waren also durch das Kochen nicht aufgelöst, wohl aber das bindende Cytoblastem, wodurch sie im frischen Zustande zusammengehalten werden. Die Flüssigkeit wurde filtrirt. In dem Filtrat brachte Essigsäure einen Niederschlag hervor, der durch überschüssige Säure nicht wieder verschwand. Alaunauflösung erzeugte in dem Filtrat einen viel stärkeren Niederschlag, der eben-

falls in überschüssigem Alaun sich nicht, wenigstens nicht vollständig wieder auflöste. Galläpfeltinktur erzeugte eine starke Trübung, Weingeist nur eine schwache. Salzsäure trübte die Flüssigkeit, und sie wurde auch durch überschüssige Salzsäure nicht wieder klar. Diese Reaktionen stimmen überein mit dem, was Güterbock Pyine genannt hat, nur dafs bei der letzteren die Trübung durch Salzsäure durch überschüssige Salzsäure wieder aufgehoben wurde. Ein Theil des Filtrats wurde nicht ganz zum Trocknen abgedampft, aber selbst nach 24 Stunden war keine Spur des Gelatinirens zu bemerken. Um die wahrscheinlich noch sehr verschiedenen Bestandtheile dieses Filtrats einigermafsen zu isoliren, wurde die stark abgedampfte Flüssigkeit durch Zusatz von absolutem Alkohol gefällt, wodurch ein starker Niederschlag entstand. Dieser wurde durch Filtriren und Auswaschen zuerst mit absolutem Alkohol, dann mit 80procentigem Weingeist gesondert, getrocknet und in kochendem Wasser wieder aufgelöst. In dieser Auflösung brachten Essigsäure und Alaun Niederschläge hervor, die sich in dem überschüssig zugesetzten Fällungsmittel nicht wieder auflösten. Auch gegen Salzsäure verhielt sich die Auflösung wie oben.

Dafs das Zellgewebe des Fötus verschieden ist vom Zellgewebe des Erwachsenen, kann gar nicht befremden, wenn man weifs, dafs viele Zellenmembranen auf ihren verschiedenen Entwicklungsstufen sich chemisch verändern und das Wachsthum der Zellen keine blofse mechanische Ausdehnung ist.

Bevor wir das Zellgewebe verlassen, müssen wir noch einige Processe betrachten, bei denen auch im Erwachsenen eine neue Bildung von Zellgewebe vorkommt. Wenn die Zellenbildung, wie ich schon in meinen ersten Aufsätzen (Froriep's Notizen 1838 Nr. 91, 103 u. 112) den Grundsatz aufstellte, wirklich das Entwicklungsprincip aller organischen Gebilde ist, so mufste dasselbe auf pathologische Processe nicht weniger als auf physiologische seine Anwendung finden. In der That zeigte sich dies

auch in den Untersuchungen, die Dr. Henle darüber in Bezug auf die neuen Productionen bei der Entzündung, nämlich Exsudation, Eiterung und Granulation anstellte. Er hat die Resultate bereits in Hufeland's Journal Bd. LXXXVI. Nr. 5 mitgetheilt.

Vogel hatte die Eiterkörperchen wegen ihrer Aehnlichkeit mit Epitheliumzellen für Epithelium erklärt, und dies hatte viel Wahrscheinliches, so lange es schien, dafs jeder Verschiedenheit der physiologischen Bedeutung eines Elementargebildes eine erkennbare Verschiedenheit der Bildung zu Grunde liege. Dieser Schlufs verlor aber seine Kraft, als ich die Zellenbildung als gemeinsames Entwicklungsprincip physiologisch ganz verschiedener Elementargebilde aufstellte und zeigte, dafs die verschiedensten Gewebe aus Anfangs ganz ähnlichen, ihrem Ansehen nach indifferenten und der Bedeutung ihrer einzelnen Theile nach gleichen Zellen sich entwickeln. Henle wies aber auch einen positiven Unterschied zwischen den Epitheliumzellen und Eiterkörperchen nach, indem er fand, dafs die Kerne der jüngsten Epitheliumzellen durch Essigsäure nicht zerfallen, wie die Kerne der Eiterkörperchen. Die Eiterkörperchen mufsten also als eigenthümliche Zellen betrachtet werden, die sich in dem Eiterserum auf dieselbe Weise entwickeln, wie alle anderen Zellen in ihrem Cytoblastem entstehen. Das Cytoblastem ist hier nur flüssig. Unter dem Eiter liegen nun bei heilenden Wunden die Granulationen, welche aus einem festen Cytoblastem bestehen, in dem eine Menge von Zellen liegen. Henle beschreibt ihre mikroskopische Beschaffenheit auf folgende Weise: „In der obersten Schichte kommen Zellen vor, die den Eiterkörnchen gleichen, deren Kerne aber nicht durch Essigsäure zerfallen. In einer etwas tiefern Lage ist der Kern sehr deutlich, ihre Schaale durch gegenseitigen Druck polygonal. Wood hat bereits auf ihre Aehnlichkeit mit den Epitheliumzellen aufmerksam gemacht. Weiter in der Tiefe finden sich die Schalen der Zellen eben so verändert und

im allmähligen Uebergange zu Zellgewebefasern, wie in dem unreifen Zellgewebe des Embryo. Erste Rudimente der Zellgewebefasern sind die länglichen gekernten Körperchen, die Güterbock gesehen und mit den Epitheliumcylinderchen verglichen hat. Hieraus ergiebt sich, dafs die Bildung neuer Zellen an der Oberfläche der Granulationen vor sich geht und die Verwandlung der Granulationen in Zellgewebe (Narbensubstanz) von der Tiefe der Wunde aus successive gegen die Oberfläche fortschreitet.“ Güterbock glaubte die zellgewebeartigen Fasern in den Granulationen und den Exsudaten nicht für wirkliche Zellgewebefasern, sondern nur für Faserstofffasern halten zu dürfen, weil die Granulationen beim Kochen keinen Leim geben. Allein wie wir oben gesehen haben, giebt das ganze Fötalzellgewebe ebenfalls keinen gelatinirenden Leim, und da Henle an diesen Fasern denselben Entwicklungsgang wieder fand, wie ich ihn von dem Fötalzellgewebe nachgewiesen hatte, so müssen wir sie für die jungen, aber noch chemisch von dem vollkommenen Zellgewebe verschiedenen Fasern, und die Granulationen für nichts als eine primitive Zellgewebebildung halten.

Aber nicht nur bei der Eiterung und der Bildung von Granulationen, sondern auch in den bei der Entzündung entstehenden Exsudaten zeigt sich eine Zellgewebebildung wie beim Fötus. R. Froriep (klin. Kupfertafeln, 11te Lief., Weimar 1837 Th. LXI.) beobachtete schon früher, dafs in dem Exsudat bei Pericarditis, aufser zellgewebeartigen Fasern, unregelmäfsige Körner sich fanden, welche zum Theil nach einer oder nach beiden Seiten hin in dünne Fasern ausgezogen zu sein schienen. „Diese verlängerten Faserstoffkörnchen, setzt er hinzu, scheinen die Anfänge der Bildung der neuen Gewebsmasse, oder also die Anfänge der sich neu bildenden cylindrischen Zellgewebefasern der wahren Pseudomembranen oder der Narbensubstanz zu sein.“ Froriep hatte hier also schon die Entstehung zellgewebeartiger Fasern durch Verlängerung von Körperchen beobachtet; was er hier Faserstoffkügelchen

nennt, sind ohne Zweifel die in Fasern sich verlängernden, mit ihrem Kern versehenen Faserzellen. Henle untersuchte das Exsudat, wodurch Wunden, die per primam intentionem heilen, verklebt werden, und fand, dafs auch hier Zellen entstehen, die sich auf dieselbe Weise durch Verlängerung ihrer Schale in Zellgewebefasern verwandeln, wie beim Fötus. Henle schliefst daraus, dafs die Bildung von Exsudationen und Granulationen wesentlich dieselben Prozesse sind. Die von Valentin entdeckten und auch von Gluge beschriebenen Exsudatkugeln, die nach Valentin in jedem Exsudat vorkommen, sind nach ihm den Eiterkörperchen verwandt, und Henle fand auch, dafs ihre Kerne eben so durch Essigsäure zerfallen.

Die Eiterung unterscheidet sich daher von der Exudation und der Granulation nur dadurch, dafs ein mehr flüssiges Cytoblastem gebildet wird, in welchem sich weniger vollkommne Zellen entwickeln. Sie stellt eine Mittelform dar zwischen der Bildung der festen Gewebe und dem eigentlichen Secretionsprozesse, welches auch keine wesentlich von einander verschiedene Prozesse sind.

2) Sehnengewebe.

Wie die Sehnenfasern im erwachsenen Zustande sich von den Zellgewebefasern wenig unterscheiden und sich keine Grenze angeben läfst, wo man sagen könnte, das Eine ist Zellgewebe, das Andere mufs zum Sehnengewebe gerechnet werden, so ist auch die Entstehung beider Gewebe dieselbe. Man sieht bei sehr jungen Fötus in den Sehnen dieselben Zellen, wie die Faserzellen des Zellgewebes. Sie liegen mit ihrem Längendurchmesser nach der Länge der Sehne und verlängern sich nach zwei entgegengesetzten Richtungen in Fasern, die sich in feinere Fasern zertheilen (s. Tab. III. Fig. 11). Die Zellen haben einen eben so gestalteten Zellenkern, zerfallen eben so wie die Faserzellen des Zellgewebes in viele Fasern, während Anfangs der Zellenkern noch fortbesteht, zuletzt aber resorbirt wird, so dafs blofs das Faserbündel übrig bleibt. Alle diese Prozesse gehen aber im Sehnengewebe viel früher

vor als beim Zellgewebe, so dafs, wenn man nicht sehr junge Fötus nimmt, man nur Fasern mit untermischten Zellenkernen sieht, oder Zellenkerne, in deren unmittelbarer Nähe ein kleines Faserbüschel auf beiden Seiten entspringt. Die Sehnen sehen früher grau aus, nicht weifs, wie im Erwachsenen. Diefs hängt wohl mit der chemischen Verschiedenheit der jungen und der ausgebildeten Sehnenfasern zusammen, die, wie sich wenigstens vermuthen läfst, hier wohl eben so wie beim Zellgewebe statt findet. Die Menge des Cytoblastems, worin sich die Faserzellen der Sehnen bilden und wodurch wahrscheinlich auch die ausgebildeten Sehnenfasern zusammengehalten werden, mufs äufserst gering sein und lässt sich gar nicht durch die Beobachtung nachweisen. Sein Vorhandensein kann nur aus der Analogie des Zellgewebes, wo es beim Fötus nachgewiesen wurde, erschlossen werden. Im Erwachsenen scheint mir die Menge des Cytoblastems im Vergleich mit den vorhandenen Fasern der Hauptunterschied zwischen Zellgewebe und Sehnengewebe. In demselben Raume enthält das Sehnengewebe bei weitem mehr Fasern, als das Zellgewebe, ohne dafs defshalb die Sehnenfasern feiner wären. Die Unterschiede zwischen den Zellgewebefasern, von verschiedenen Stellen genommen, sind aber eben so grofs, wie die Verschiedenheit der gewöhnlichen Sehnenfasern von der häufigsten Art der Zellgewebefasern, so dafs ein ganz allmähliger Uebergang stattfindet.

3) Elastisches Gewebe.

Die Verschiedenheit des elastischen Gewebes vom Sehnengewebe zeigt sich schon in sehr früher Periode. Ich habe indessen die Entwickelungsgeschichte des elastischen Gewebes nur unvollständig untersucht, blofs so weit als nothwendig war, um wahrscheinlich za machen, dafs in dem Princip der Entwicklung aus Zellen hier keine Ausnahme Statt findet. Die Untersuchungen wurden an der Aorta

von Schweinefötus und am lig. nuchae eines Schaffötus angestellt. Das Verhalten des elastischen Gewebes war an diesen beiden Stellen ziemlich verschieden. Die Aorta besafs schon bei 6 Zoll langen Schweineembryonen ihre gelblich weifse Farbe und ihre vollständige Elasticität. Die äufsere oder Zellgewebehaut liefs sich leicht in langen Stücken fast als eine besondere Röhre abziehen. Zog man nun ein Stückchen von der mittlern Haut der Aorta ab, und zwar, um dem Verdachte von untergemischtem Epithelium zu entgehen, so dafs die innere Fläche des Gefäfses unverletzt blieb, zerrte dieses Stückchen und untersuchte es mikroskopisch, so sah man zunächst in dem umgebenden Wasser eine grofse Menge isolirter Zellen herumschwimmen, von denen jede ihren eigenthümlichen Kern hat (s. Tab. III. Fig. 12). Diese leichte Trennung der Zellen sieht man beim Zell- und Sehnengewebe nie in dem Grade, da die Zellen dort durch das Cytoblastem und durch die von den Zellen ausgehenden zähen Fasern zusammengehalten werden. Diese Zellen der Aortenwand sind von sehr verschiedener Form, wie die Figur zeigt. Einige sind rund, die meisten länglich, einige endigen stumpf, andere spitzen sich nach zwei oder mehreren Seiten hin zu, andere verlängern sich in kleine Fortsätze, die sich wiederum theilen, jedoch immer nur kurz sind. Viele sind seitlich etwas zusammengedrückt. Alle sehen körnig aus, doch scheint das Körnige, so viel man wenigstens durch das Rollen der Zellen zu einem Urtheil kommen kann, nur in der Zellenmembran zu liegen und der Inhalt durchsichtig zu sein. Im Innern der Zellen an ihrer Wand liegt der gewöhnliche Zellenkern mit ein oder zwei Kernkörperchen. Er ist bald rund, bald mehr oder weniger in die Länge gezogen. Diese Zellen nun haben sich losgelöst von dem Stückchen der Aortenwand. Untersucht man dieses selbst, so findet man noch mehrere Zellen darin, aufserdem aber deutliches elastisches Gewebe, bestehend in einem Netzwerk feiner, elastischer, rauher Fasern, wie man es beim Erwachsenen zunächst an

dem Lumen der Aorta sieht (s. Eulenburg de tela elastica Fig. 9). So dicke Fasern, wie in den äufseren Schichten der Aorta des Erwachsenen, zeigen sich nicht. Stellenweise erkennt man in einem solchen Netzwerk einen verkrüppelten Zellenkern. In welchem Verhältnisse stehen nun jene Zellen zu diesen zwar noch zarten, aber seinem Charakter nach ausgebildeten elastischen Gewebe? Der Analogie nach kann man wohl vermuthen, dafs jene Zellen das Primitive sind; auch glaubte ich zuweilen, jedoch selten, einen unmittelbaren Uebergang zu beobachten, indem die mit einem Kern versehene, an der einen Seite vollständige Zelle an der anderen Seite, wenigstens so viel erkennbar, kontinuirlich in ein kleines Stückchen eines dem unzweifelhaften elastischen Gewebe ähnlichen, netzartigen Gewebes überging. Doch war es zu selten, als dafs ich behaupten möchte, dafs der Uebergang jener Zellen in das elastische Gewebe durch die Beobachtung nachgewiesen wäre. Ist dies aber der wirkliche Hergang, wie man wohl der Analogie nach vermuthen darf, so haben hier die Zellenkörper an der Bildung der Fasern weit mehr Antheil als beim Zellgewebe, und die Bildung der elastischen Fasern der Aorta hält die Mittelstufe zwischen der Entstehung der Hornfaser in der Rinde der Federn (siehe oben p. 98 und Tab. II. Fig. 13) und dem Zell- und Sehnengewebe. Denkt man sich die Entstehung des elastischen Gewebes theils durch Verlängerung von Zellen, theils durch Zerfallen der Zellenkörper nach Art der Bildung jener Hornfasern, so hat das Netzartige des elastischen Gewebes gar nichts Auffallendes. Auch die Theilungen der elastischen Fasern stehen nicht mehr als eine isolirte Erscheinung da, indem solche Theilungen als vorübergehende Entwicklungsstufen beim ganzen Zell- und Sehnengewebe des Fötus unzweifelhaft vorkommen. Das elastische Gewebe scheint in dieser Hinsicht auf einer tiefern Entwicklungsstufe stehen zu bleiben. Purkinje und Räuschel beobachteten auf dem Querdurchschnitt elastischer Fasern der Aorta einen schwärzlichen Punkt in der

Mitte, und im Verlaufe der Fasern eine punktirte Linie, und vermutheten daraus das Vorhandensein eines rudimentären Kanals innerhalb der Fasern. Diese Vermuthung, die, wie ich gestehen mufs, mir früher sehr kühn vorkam, erhält jetzt bei weitem mehr Konsistenz, insofern es nicht unwahrscheinlich ist, dafs alle durch Verlängerungen von Zellen entstehenden Fasern, z. B. auch die Zellgewebefasern, hohl sind, wenigstens nicht durchaus aus einer gleichförmigen soliden Masse bestehen. Sollten sich in den gewöhnlichen elastischen Fasern noch feinere Fasern sichtbar machen lassen, etwa nach einer Beobachtung von Valentin durch Aetzkali, so wäre ich geneigt, diese den primitiven Muskelfasern analog zu stellen, deren Bedeutung, wie wir weiter unten sehen werden, in morphologischer Hinsicht von den primitiven Zellgewebefasern durchaus verschieden ist.

Während an der Aorta sehr junger Schweineembryonen, von denen die bisherige Beschreibung genommen wurde, das elastische Gewebe zum Theil schon seine Hauptcharaktere, namentlich seine gelbliche Farbe und seine Elasticität deutlich zeigte, war das Lig. nuchae an einem bei weitem älteren Schafffötus noch sehr wenig entwickelt. Es sah grau und durchscheinend aus, zeigte keine Elasticität und mikroskopisch keine Spur seiner späteren Struktur. Man sah einen grauen, undeutlich längs gefaserten Strang, in dem man sehr viele Zellenkerne erkannte. Auf eine weitere Untersuchung bin ich nicht eingegangen, da die Anwesenheit der Zellenkerne schon den nicht wesentlich abweichenden Bildungstypus verräth.

Werfen wir einen Rückblick auf die eben betrachtete Klasse der Faserzellen, so finden wir, dafs sie eine sehr natürliche, ziemlich scharf gesonderte Gruppe unter den Geweben bildet. Die hierher gehörigen Gewebe entstehen aus kernhaltigen Zellen, die sich durch Verlängerung in Faserbündel und durch spätere Zerfaserung des Zellen-

körpers selbst in Bündel einzelner Fasern umwandeln. Bei der Bildung dieser Zellen zeigt sich deutlich das oben S. 45 aufgestellte Grundphänomen: Es ist zuerst eine strukturlose gallertartige Masse da, das Cytoblastem, welches aufser den schon vorhandenen Zellen liegt. In diesem bilden sich die Zellen, und zwar wahrscheinlich so, dafs zuerst der Zellenkern entsteht. Die Zellen wachsen dann weiter und verwandeln sich auf die angegebene Weise in Fasern. Die Menge des Cytoblastems nimmt relativ zu den sich bildenden Zellen oder Fasern immer mehr ab, bleibt aber wahrscheinlich beim Zellgewebe in gröfserer, beim Sehnen- und elastischen Gewebe in sehr geringer Quantität durch das ganze Leben zwischen den Fasern übrig.

Es ergiebt sich aus dieser Entstehungsweise, welche Theile dieser Gewebe den Bestandtheilen der bisher abgehandelten Gewebe entsprechen. Die indifferenten Elementarzellen des Zellgewebes entsprechen morphologisch den Knorpelzellen, den Epitheliumzellen, den Schleimkörperchen etc., um nur Ein Beispiel aus jeder Klasse anzuführen, und da aus jeder indifferenten Zellgewebezelle ein Faserbündel entsteht, so entspricht ein ganzes Bündel von Zellgewebefasern dem, was in den vorigen Klassen eine einzelne Knorpelzelle, Epitheliumzelle u. s. w. war. Das strukturlose Cytoblastem zwischen den Zellgewebefasern aber entspricht der festen Intercellularsubstanz, welche meistens die Hauptmasse der Knorpel bildet, oder dem Minimum von Cytoblastem zwischen den Epitheliumzellen, oder endlich der Flüssigkeit, worin sich die Zellen der ersten Klasse bildeten. Man sieht auf diese Weise auch leicht ein, wie von den eigentlichen Knorpeln durch die Faserknorpel ein allmähliger Uebergang zum Fasergewebe gebildet werden kann. Es brauchen nur die Knorpelzellen dieselben Veränderungen einzugehen, wie die Elementarzellen des Zellgewebes.

Da diese Klasse nach der Formveränderung der Zellen aufgestellt wurde, so können sich hier keine mannig-

faltigen Modifikationen der Zellenform finden, sondern überall zeigt sich nur eine Verlängerung der kernhaltigen Zellen im Faserbündel und spätere Zerfaserung des Zellenkörpers. Die Typen dieser Veränderungen haben wir schon in der zweiten Klasse gefunden; denn auch dort fand eine Verlängerung der Pigmentzellen, der Zellen der Krystalllinse u. s. w. in Fasern durch stellenweise stärkeres Wachsthum der Zellenmembran statt, und in der vorliegenden Klasse ist dies nur in weit stärkerem Grade der Fall, und es gehen an den weiter entwickelten Faserzellen auf derselben Seite von Einer Zelle viele Fasern, ein Faserbündel, aus. Die Zerfaserung des Zellenkörpers sahen wir in der zweiten Klasse schon bei den Zellen der Rinde der Federn. In so fern bei den Pigmentzellen die Verlängerungen, wenn auch noch so fein, doch hohl bleiben, kann man vermuthen, dafs auch die Verlängerungen der Faserzellen, also die Fasern der hier abgehandelten Gewebe hohl sind. So wichtig, wie wir nachher sehen werden, diese Entscheidung für die Theorie der Ernährung wäre, so ist es doch unmöglich, durch die Beobachtung darüber zu entscheiden, da hier kein so charakteristischer Inhalt in den Verlängerungen der Zellen vorkommt, wie beim Pigment. Eine Beobachtung von Purkinje und Räuschel sprach indessen für das Hohlsein der elastischen Fasern. Wäre das Hohlsein der Zellgewebefasern u. s. w. erwiesen, so würde bei der Umwandlung der indifferenten Faserzellen ein Zerfallen einer einzelnen Zelle in viele Zellen Statt finden, also der zellige Charaker der Fasergewebe nicht verloren gehen.

Die Faserzellen erleiden bei ihrer Ausbildung und allmähligen Umwandlung in Zellgewebefasern chemische Veränderungen, indem das Zellgewebe selbst lange, nachdem die Faserbildung schon begonnen hat, beim Kochen keinen gelatinirenden Leim giebt.

Da der Typus der Bildung der Zellgewebefasern aus Zellen schon in der zweiten Klasse vorkam, so ergiebt sich, dafs die Organisation oder das Vorhandensein der

Blutgefäfse keinen wesentlichen Unterschied in dem Wachsthume der Elementartheile begründet. Denn diese Klasse gehört schon zu den vollständig organisirten Geweben, und das Zellgewebe ist sogar sehr reich an Gefäfsen. Man sagte früher, die nicht organisirten Gewebe wachsen durch Appositio, die organisirten durch Intussusceptio. Es wurde schon oben S. 108 über diesen Unterschied gesprochen. Er ist in so fern richtig, als die jungen Zellen sich bei den nicht organisirten Geweben nicht in der ganzen Dicke der Gewebe, sondern nur in der Nähe derjenigen Oberfläche bilden, wo sie mit der gefäfshaltigen Substanz in Berührung stehen und wo sie deshalb das frischeste Cytoblastem erhalten. Fällt nun aber dieser Unterschied zwischen der Oberfläche und dem Parenchym des Gewebes weg, indem die Blutgefäfse durch die ganze Dicke desselben verbreitet sind, so entstehen auch die jungen Zellen in der ganzen Dicke des Gewebes, und so ist es beim Zellgewebe. Der primäre Unterschied liegt also blofs in der Abwesenheit oder Anwesenheit der Gefäfse, und die Verschiedenheit des Ortes der Bildung der neuen Zellen ist nur eine sekundäre. Die Elementartheile wachsen in beiden Fällen und durch dieselben Kräfte. Inwiefern die Anwesenheit der Gefäfse gewisse, beim Wachsthum vorkommende Prozesse erleichtert, werden wir weiter unten sehen. Die wesentlichen Erscheinungen des Wachsthums und also auch die dabei thätigen Grundkräfte sind gleich. Weshalb es nun aber im Zellgewebe zu einer Gefäfsbildung kommt, während diese im Epithelium nicht Statt findet, dies ist eine Frage, die ebenfalls weiter unten zur Sprache kommen mufs.

V. Klasse.

Gewebe, die aus Zellen entstehen, deren Wände und deren Höhlen mit einander verschmelzen.

Der Bildungstypus bei dieser Klasse ist der: Es sind Anfangs selbstständige, d. h. mit einer eigenthümlichen Wand und Höhle versehene Zellen da, die wir primäre Zellen nennen wollen. Sie sind entweder a) rund oder cylindrisch, oder b) es sind sternförmige Zellen. Im ersten Falle legen sich die primären Zellen reihenweise an einander, dann verwachsen die zusammenstofsenden Stellen der Zellenwände, so dafs zwischen je zwei der Reihe nach auf einander folgenden Zellenhöhlen nur einfache Scheidewände bleiben. Nun werden aber diese Scheidewände resorbirt, so dafs die Höhlen der einzelnen Zellen in einander übergehen. Alsdann haben wir, statt einer Menge primärer Zellen, eine einzelne lange Zelle, die wir eine sekundäre Zelle nennen wollen. Die Höhle derselben besteht also aus den Höhlen der einzelnen Zellen, und die Zellenmembran der sekundären Zelle aus den verwachsenen Zellenmembranen der einzelnen primären Zellen, an denen aber die einander berührenden Stellen resorbirt sind. Die sekundäre Zelle wächst nun fort, wie eine selbstständige einfache Zelle. So scheint, so weit die weiter unten mitzutheilenden Beobachtungen reichen, der Bildungsprozefs bei den Muskeln und Nerven zu sein. Im zweiten Fall, nämlich wenn die primären Zellen sternförmige Zellen sind, legen sich nicht, wie bei den Nerven und Muskeln, die Zellenkörper reihenweise an einander, sondern die sternförmigen Zellen entstehen in gröfseren, von Cytoblastem oder Zellen anderer Art ausgefüllten Zwischenräumen. Die Fortsetzungen dieser Zellen aber stofsen auf einander, ihre Wände verwachsen an den Berührungsstellen und diese verwachsenen Zwischenwände werden dann resorbirt, so dafs die Anfangs getrennten Zellenhöhlen kommu-

niciren. Da auf diese Weise mehrere Verlängerungen einer Zelle mit mehreren Verlängerungen einer oder mehrerer anderer Zellen zusammenstofsen, so erhalten wir statt einzelner, hohler, sternförmiger Zellen ein Netz von Kanälen, welche Anfangs zwar noch an den den Zellenkörpern entsprechenden Stellen dicker sind, das aber durch stärkere Ausdehnung der mit einander kommunicirenden Verlängerungen der Zellen zu einem Netz von ungefähr gleich dicken Kanälchen wird. Dies scheint der Bildungsgang bei den Kapillargefäfsen zu sein. Die folgende detaillirte Darstellung der Beobachtungen über das Verhältnifs der Muskeln, Nerven und Kapillargefäfse zu den Elementarzellen wird zeigen, in welchen Punkten durch die noch sehr unvollständigen Beobachtungen die eben als der wahrscheinliche Hergang des Bildungsprocesses gegebene Beschreibung als bewiesen zu betrachten ist, und welche Lücken noch auszufüllen sind. Wir beginnen die Untersuchung mit den Muskeln.

1) Muskeln.

Um das Verhältnifs der Muskeln zu den Elementarzellen kennen zu lernen, ist es nothwendig, auf ihre Entwicklungsgeschichte zurückzugehen. Die erste Entstehung der Muskelfasern habe ich leider wegen Mangels sehr junger Embryonen nicht untersuchen können; sie läfst sich aber aus der Beschreibung von Valentin (Entwicklungsgeschichte S. 268) ergänzen, welche ich hier im Auszuge vorausschicke. „Lange vorher als gesonderte Muskelfasern wahrgenommen werden, sieht man die Kügelchen der Urmasse nach Längslinien geordnet, vorzüglich wenn diese zwischen zwei Glasplättchen leise geprefst wird. Die Körnchen scheinen nun etwas näher an einander zu rücken und an einzelnen Stellen gänzlich, an anderen dagegen an der einen oder der anderen Seite zu verschmelzen und zu einer durchsichtigen Masse sich zu verbinden. Hierdurch entstehen Fäden, welche an manchen Stellen ein

perlschnurartiges Ansehen haben, an anderen dagegen minder scharf eingekerbt, oft auch an der einen Seite noch eingefurcht, an der anderen dagegen schon mehr geradlinigt begrenzt sind. Später verschwindet in dem Faden jede Spur von Körnchen oder Abtheilung, und er wird gleichmäfsig durchsichtig begrenzt und cylindrisch. So verharrt die Muskelfaser im Normale bis um die Zeit des sechsten Monats, nur dafs ihre Substanz etwas dunkler und ihre Kohäsion dichter wird. Im sechsten Monate zeigen sich die ersten Spuren der Querstreifen. Diese Fasern sind die primitiven Muskel b ü n d e l, nicht die Primitivfasern, welche erst durch Zerfallen des Bündels in kleinere Fasern entstehen. Schon von der Zeit an, in welcher die Muskelfäden durchsichtig und gleichförmig werden, häufen sich zwischen ihnen Massen von Kügelchen rundlicher oder bestimmt runder Form, welche etwas gröfser als die Blutkörperchen sind. Sie vermindern sich später wieder und werden mit der gallertartigen Masse, welche sie zusammenhält, zu dem verbindenden Schleimgewebe."

Die jüngsten Embryonen, an denen ich die Entstehung der Muskeln untersucht habe, waren Schweineembryonen von $3\frac{1}{2}$ Zoll Länge. Untersucht man ein Stückchen eines Muskels, z. B. eines oberflächlichen Rückenmuskels, bei diesen Embryonen unter dem Mikroskop auf schwarzem Grunde, so sieht man eine durchscheinende gallertartige Masse, in der Fasern (Primitivbündel der Muskeln) parallel neben einander verlaufen, die weifser als die umgebende gallertartige Substanz erscheinen. Bei älteren Muskeln nimmt die durchscheinende Substanz ab, die Muskelfasern liegen dichter an einander und erscheinen auf dem schwarzen Grunde intensiver weifs. Untersucht man nun bei Fötus von dem angegebenen Alter die durchscheinende Substanz bei 450 facher Vergröfserung, indem man, um das den ganzen Muskel umgebende Embryonal-Zellgewebe möglichst auszuschliefsen, ein Stückchen aus der Mitte eines Muskels ausschneidet, so erkennt man in der durchscheinenden Substanz

verschiedene Arten gröfserer und kleinerer Körnchen, welche in einer sehr feinkörnigen Masse liegen. Betrachtet man die Körnchen genauer, so findet man sie von verschiedener Gröfse, rund oder oval dunkler oder heller. Sehr viele erkennt man an ihrer Form als Zellenkerne. An vielen sieht man mehr oder weniger deutlich schon im Zusammenhange, dafs die körnige Substanz um sie zu einem Kügelchen abgegrenzt ist, in welchem der Kern liegt. Ganz deutlich zeigt sich dies aber an den Körnchen, die sich von der durchscheinenden Substanz abgesondert haben und in der Flüssigkeit auf dem Objektträger herumschwimmen. Hier sieht man eine Menge Kügelchen isolirt herumschwimmen, und jedes Kügelchen enthält in sich und zwar excentrisch den charakteristischen bald gröfseren, bald kleineren, oft mit Kernkörperchen versehenen Zellenkern (s. Tab. III. Fig. 13). Dies ist aber, wie wir gesehen haben, die Grundform der meisten Zellen. Der feinkörnige Theil der durchscheinenden Masse wird zum Theil von den Zellenkörpern gebildet, welche, wenn sie dicht zusammenliegen, schwer zu unterscheiden sind, zum Theil ist er das Cytoblastem, worin sich die Zellen bildeten. Einzelne dieser herumschwimmenden Zellen verlängern sich in Fasern und sind offenbar Zellgewebefasern. Allein dies ist nur selten und diese Zellen scheinen etwas Eigenthümliches. Man könnte sie für die Primitivzellen neuer Muskelfasern halten. Allein aus der Art, wie Valentin sich ausdrückt, sollte man schliefsen, dafs sie sich später bilden, indem er sagt: „Schon von der Zeit an, in welcher die Muskelbündel durchsichtig werden, häufen sich zwischen ihnen Massen von Kügelchen." Hier sind offenbar die Kerne dieser Zellen gemeint. Diese Frage mufs also unentschieden bleiben.

Betrachten wir nun die Muskelfasern (Primitivbündel) in den Rückenmuskeln derselben Schweinefötus. Sie verhalten sich nicht alle gleich, einige sind unregelmäfsiger, mehr körnig, andere sind relativ glatt. Die letzteren stellen Cylinder dar, die aber meistens mehr oder weniger

abgeblattet sind (s. Tab. IV. Fig. 3), wo sie aus den Oberarmmuskeln eines 7 Zoll langen Schweinefötus abgebildet sind, und zwar in a von der Fläche betrachtet in b auf der Kante stehend. Man unterscheidet in a an den Cylindern einen dunklen Rand und einen inneren hellen Theil, ein Unterschied, der in c noch deutlicher ist, wo der dunkle Rand breiter und nach innen scharf begrenzt ist, so dafs es ganz so aussieht, als ob der Cylinder hohl sei. Ich mufs aber bemerken, dafs nur an den wenigsten Fasern dieses Ansehen bis zur Ueberzeugung deutlich ist. In vielen Fällen aber war es so deutlich, dafs mir keine andere Erklärung dieses Ansehns als durch ein Hohlsein des Cylinders übrig zu bleiben schien. In dem hellen Theil des Cylinders, welcher der Höhle entspricht, sieht man, aufser einigen kleinen Körnchen, gröfsere ovale Körperchen, die oft sehr in die Länge gezogen sind. Sie geben sich durch ihre Form sofort als Zellenkerne zu erkennen und enthalten oft ein oder zwei Kernkörperchen. Sie liegen in bald regelmäfsiger, bald unregelmäfsiger Entfernung von einander. Sie liegen in der Dicke der Faser und zwar excentrisch nicht in der Achse, sondern an der Wand, wie man sieht wenn die Faser auf der Kante steht (siehe die Faser b). In dieser Abbildung ist dabei eine Regelmäfsigkeit zu erkennen, indem der eine Kern auf der einen Seite der Wand, der zweite auf der entgegengesetzten, der dritte wieder auf der ersten Seite liegt u. s. f. Allein dies scheint nicht konstant zu sein. Die Kerne sind platt, da sie auf der Kante als blofse Streifen erscheinen. Die Dicke der Wand des Cylinders scheint verschieden, wie ein Vergleich von a und c zeigt. In der letzten Faser c, wo die Wand dicker ist, zeigt sich schon eine Querstreifung. Kerne sind aber auch hier noch sichtbar, so wie einzelne kleine in der Höhle enthaltene Kügelchen. In älteren Muskeln sieht man keine Andeutung einer Höhle mehr, aber die Kerne bleiben noch lange sichtbar und liegen in der Dicke der Faser, obgleich sie oft als kleine Hügelchen nach aufsen vorspringen.

Die andere Form der Muskelfasern ist Tab. IV. Fig. 1. aus den Rückenmuskeln eines $3\frac{1}{2}$ Zoll langen Schweinefötus abgebildet. Sie sind im Allgemeinen etwas dicker, als die vorigen, unregelmäſsiger, nicht so glatt, sondern körniger. An vielen unterscheidet man eben so deutlich, oder noch deutlicher das Vorhandensein einer besonderen Wand der Faser und einer Höhlung in ihrem Innern (s. die Faser c der Figur). Die Wand ist nicht so glatt wie in der vorigen Form der Muskelfasern. Der Inhalt ist immer sehr körnig. Schon im natürlichen Zustande erkennt man oft darin deutliche Zellenkerne, nicht selten mit ihren Kernkörperchen. Gewöhnlich aber sind nur die runden oder ovalen Umrisse der Kerne deutlich zu erkennen, während die darüber liegenden anderen Körnchen die auſserdem in der Höhle der Faser enthalten sind, und die körnige Beschaffenheit der Faser überhaupt die genaue Unterscheidung der Kerne erschwert. Bringt man aber einen Tropfen Essigsäure hinzu, so wird die Faser ganz durchsichtig und schwillt auf; die Kerne dagegen bleiben dunkel, schrumpfen ein wenig zusammen und lassen sich jetzt vollkommen deutlich unterscheiden. So sieht z. B. die Faser c nach Behandlung mit Essigsäure aus, wie Fig. 2. zeigt. Man sieht darin die evidenten Zellenkerne zum Theil mit Kernkörperchen versehen, und neben ihnen nur einzelne kleine dunkle Körnchen. Die Zellenkerne haben zwar durch die Essigsäure eine kleine Veränderung erlitten, sie erscheinen aber auch im frischen Zustande nicht alle regelmäſsig. Sie sind meistens platt. Manche scheinen im frischen Zustande auf der Kante zu stehen, so daſs es aussieht, als ob die Höhle der Fasern durch kleine dicke Querstreifen in Fächer getheilt wäre. Die Kerne liegen viel näher zusammen als bei der vorigen Form der Muskelfasern, so daſs die Entfernung der Mittelpunkte zweier Kerne von einander gewöhnlich gleich ist der Dicke der Faser, oder noch kleiner.

Diese zweite Form scheint ein früherer Zustand der ersteren zu sein. Sie ist um so häufiger, je jünger

der Embryo ist und wird allmählig seltener. Man kann sich diesen Uebergang leicht denken. Die Faser dehnt sich in ihrer ganzen Länge aus, wird dabei dünner, die Zellenkerne rücken weiter aus einander und verlängern sich zuweilen ebenfalls in der Richtung der Faser. Einzelne Kerne, namentlich die, welche auf der Kante zu stehen scheinen, mögen dabei resorbirt werden, da man dies später nicht mehr sieht. Zugleich bildet sich der ganze Cylinder mehr aus, indem sein körniges Ansehen verschwindet und auch die kleinen Körnchen der Höhle seltener werden. Man sieht auch alle Uebergangsstufen aus der zweiten Form in die zuerst beschriebene. Die Ausdehnung scheint nicht ganz regelmäfsig zu erfolgen, sondern stellenweise sehr stark sein zu können, so dafs eine Faser in einer langen Strecke ziemlich dünn wird und hier keinen Kern zeigt, bis dann wieder eine Anschwellung kommt, in der ein Kern liegt.

Es fragt sich nun aber, wie entsteht die zuletzt beschriebene Form der Muskelfasern, also die Grundform derselben. Sie stellten einen Cylinder dar, der höchst wahrscheinlich hohl und vermuthlich auch an seinen Enden geschlossen ist, indem die Muskelfasern plötzlich mit einem scharfen, stumpf abgerundeten Ende an den Sehnen endigen. In diesem Cylinder liegen Zellenkerne in kleinen Entfernungen neben einander. Ist der Cylinder eine verlängerte Zelle, in der sich Kerne als Grundlage neuer, aber nicht zur Entwicklung kommender Zellen bilden, oder sind die Kerne Ueberreste von Zellen, die durch Verschmelzung mit einander und Resorption der Scheidewände die ganze Faser oder den Cylinder bilden? Oder mit anderen Worten: Ist die Faser durch Verschmelzung von Zellen entstanden?

Die Uebergangsstufe, wo sich einzelne Zellen reihenweise zu einer Faser an einander legen, habe ich nicht beobachtet, weil die mir zu Gebote stehenden frischen Embryonen nicht jung genug waren. Zwar habe ich an der zweiten der beschriebenen Formen von Muskelfasern

etwas gesehen, was man für eine Andeutung der Zusammensetzung dieser Fasern aus kleinen Stücken halten könnte. Die Ränder der Fasern bogen sich stellenweise etwas ein und es lief eine Linie als Andeutung einer Theilung quer über die ganze Dicke der Faser. Ich habe dies in Tab. IV. Fig. 1b abzubilden gesucht, aber es ist mir nicht gelungen, den Charakter gehörig wiederzugeben und überzeugend war das Präparat nicht. Einige andere Gründe sprechen noch für eine Zusammensetzung der Muskelfasern aus einzelnen Stücken. So zerfallen viele Muskeln von Fischen oder Froschlarven beim bloſsen Zerren oft in ungefähr gleich lange mikroskopische Stückchen. Dasselbe geschieht nach C. H. Schultz bei der Verdauung von Muskelfleisch im Magen, und nach Purkinje bei Muskeln, welche der Einwirkung von künstlicher Verdauungsflüssigkeit ausgesetzt werden. Aber die oben erwähnten Beobachtungen von Valentin lassen keine andere Erklärung zu, und es läſst sich daraus die von mir nicht beobachtete Bildungsperiode ergänzen. Nach demselben „sind vor den Muskelfasern Kügelchen der Urmasse da, nach Längslinien geordnet. Die Körnchen scheinen dann etwas näher an einander zu rücken und an einzelnen Stellen gänzlich, an anderen dagegen an der einen oder anderen Seite zu verschmelzen. Hierdurch entstehen Fäden, welche an manchen Stellen ein perlschnurartiges Ansehen haben, an anderen dagegen minder scharf eingekerbt, oft auch an der einen Seite noch eingefurcht, an der anderen schon mehr geradlinig begrenzt sind.“ Durch den Ausdruck „Körnchen der Urmasse“ oder andere ähnliche Namen wurden bisher, ohne Unterschied, entweder die Elementarzellen selbst oder ihre Kerne bezeichnet, indem die Verschiedenheit beider und ihr Verhältniſs zu einander unbekannt war. Valentin kann in der angeführten Stelle die Zellenkerne nicht gemeint haben, da diese, wie wir sahen, nicht verschmelzen. Was er daher Kügelchen der Urmasse nennt, muſsten die indifferenten, mit einem Kern versehenen Elementarzellen

sein. Für die Richtigkeit der Deutung dieser „Kügelchen der Urmasse" als Zellen spricht auch: erstens, dafs das aus ihrer Verschmelzung entstandene Gebilde, das Muskelprimitivbündel, hohl ist, und zweitens dafs die Zellenkerne in der früheren Form der Muskelbündel so dicht an einander liegen, als es sein mufs, wenn jeder Kern einer früheren runden Zelle angehört hätte. Wären diese Kerne spätere Gebilde, die sich in dem Muskelprimitivbündel als in Einer Zelle erzeugen, so müfsten sie in älteren Muskeln zahlreicher sein als in jüngeren.

Es scheint demnach kaum zu bezweifeln, dafs jedes primitive Muskelbündel eine sekundäre Zelle ist, entstanden durch Verschmelzung von primären runden mit einem Kern versehenen Zellen, die in einer Reihe an einander gelagert waren. Da später keine Scheidewände in der sekundären Zelle mehr zu erkennen sind, so mufs, nachdem die Verschmelzung der Zellenwände an den einander berührenden Stellen eingetreten ist, eine Resorption der dabei übrigbleibenden Scheidewände zwischen den Höhlen von je zwei benachbarten primären Zellen eintreten. Wenn die kleinen queren Streifchen, wodurch die Höhle der Fasern zuweilen an einzelnen Stellen getheilt ist, wirklich auf der Kante querstehende Kerne sind, so sind es wahrscheinlich Kerne, die an der Stelle der Wand der Zellen lagen, welche resorbirt wurde. Die Verschmelzung der Zellen scheint indessen nicht so vollständig zu sein, dafs sich nicht die entsprechenden Stellen leichter von einander trennten, als die anderen, und darauf beruhen wahrscheinlich die oben berührten Phänomene von künstlicher Theilung der Muskeln *).

*) Es wäre wichtig, zu untersuchen, ob die Kräuselungen der Muskeln bei ihrer Kontraktion vielleicht im Zusammenhange stehen mit der Länge, zu der sich das aus Einer Zelle entstandene Stück einer Muskelfaser ausgedehnt hat, so dafs vielleicht der Winkel jeder Biegung mit der Verbindungsstelle zweier Zellen zusammentrifft.

Bei meiner ersten Mittheilung über die Bildung der Muskelprimitivbündel durch Verschmelzung von Zellen (Froriep's Notizen Nr. 103) waren unter den Pflanzenzellen nur bei den Spiral- und Milchsaftgefäfsen ähnliche Vorgänge bekannt. Um so interessanter ist es, dafs Meyen jetzt bei den Bastzellen eine viel schlagendere Analogie entdeckt hat (Wiegmann's Archiv 1838 p. 297). Er fand, dafs diese langgestreckten Zellen durch Kochen in Salzsäure in sehr kleine, ungefähr gleich lange Stückchen zerfielen, und die Untersuchung über die Entwicklung der Bastzellen in Knospen zeigte, dafs früher eben so viele einzelne, etwas langgezogene prismatische Parenchymzellen da sind, welche mit ihren Enden genau über einander stehen, dort mit einander verwachsen und deren Scheidewände dann resorbirt werden.

Die sekundäre Muskelzelle funktionirt nun weiter, wie eine einfache Zelle. Ihre Wand ist Anfangs dünn, in ihrer Höhle befinden sich, aufser dem Zellenkerne, viele kleine Körnchen. Es tritt nun eine Umwandlung des Zelleninhaltes ein, indem diese Körnchen allmählig verschwinden; gleichzeitig wird die Wand der Zelle auf Kosten der Zellenhöhle dicker, so dafs die Zellenhöhle endlich ganz verschwindet und die ganze sekundäre Zelle ein solider Strang wird. Bei dieser Verdickung der Zellenwand bleiben die Zellenkerne Anfangs noch fortbestehen und werden, von der Verdickung eingeschlossen, nicht in die Zellenhöhle geschoben. Endlich werden die Kerne ganz resorbirt. Es ist nun die Frage: Ist die Verdickung der Wand der sekundären Muskelzelle eine Verdickung der Zellenmembran selbst, wie es bei den Knorpeln zu sein schien, oder ist es eine sekundäre Ablagerung auf der innern Fläche der Zellenmembran, so dafs diese chemisch und mikroskopisch verschieden ist von der Substanz, wodurch die sekundäre Zelle zu einem soliden Strange wird? Das Letztere ist bei den Pflanzen das Gewöhnliche. Zunächst kommt bei der Beantwortung dieser Frage die Lage der Zellenkerne in Betracht; da diese

wenigstens gewöhnlich an der inneren Fläche der Zellenmembran fest anliegen, so werden sie bei einer Verdickung der Zellenmembran selbst nach innen geschoben, während eine sekundäre Ablagerung auf die innere Fläche der Zellenmembran sie einschliefsen mufs, es sei denn, dafs sie sich ganz von der Zellenwand trennen. Bei den Muskeln bleiben sie nun wirklich in der Peripherie des Muskelbündels liegen, wie Tab. IV. Fig. 3b zeigt. Es wird daraus schon wahrscheinlich, dafs die Verdickung der Wand der sekundären Muskelzellen nur eine sekundäre Ablagerung ist. Aber auch ohne diesen Grund hätte man dies vermuthen müssen, da die Muskelbündel, wie es scheint, aufsen von einer strukturlosen Membran umschlossen sind. Man schrieb längst den Muskelbündeln eine Scheide zu, aber betrachtete sie als aus Zellgewebe gebildet und als bei den Primitivbündeln dem entsprechend, was bei den gröfsern Bündeln das Zellgewebe ist, wodurch sie von einander getrennt werden. Allein diese Membran scheint eine ganz andere Bedeutung zu haben und die Zellenmembran der sekundären Muskelzelle zu sein. Sie ist strukturlos, sehr durchsichtig und erscheint als ein sehr schmaler, nach aufsen scharf begrenzter Saum um jedes Primitivbündel. Ich weifs wohl, wie leicht ein solcher Saum durch eine blofse optische Täuschung entsteht, und man ist vor einer solchen, wenn der Saum sehr schmal und nicht granulös ist, gar nicht sicher, es sei denn, dafs man beobachtet, dafs dieser Saum nicht genau allen Biegungen des Muskelbündels selbst folgt. Es ist daher schwer, bei Säugethieren darüber zu einer Ueberzeugung zu kommen; allein bei allen denjenigen Insektenlarven, bei denen die von J. Müller entdeckte breite Querstreifung der Muskelbündel vorkommt, kann man sehr deutlich beobachten, dafs die Membran, wenn die Kontinuität der eigentlichen Muskelsubstanz eines Primitivbündels an einer Stelle gestört war, doch oft ununterbrochen von einem Stück zum andern hinüberläuft. Tab. IV. Fig. 4 stellt ein solches Muskelbündel dar. Die Membran umschliefst

dasselbe so locker (die Larve war in Weingeist aufbewahrt worden), dafs sich sogar ein Stückchen der Muskelsubstanz in der Höhle drehen konnte. Die Membran zeigt sich auch da, wo man sie ganz isolirt sieht, durchaus strukturlos, und schon die äufsere scharfe Begrenzung macht es unwahrscheinlich, dafs sie aus Zellgewebe besteht. Es scheint mir daher äufserst wahrscheinlich, dafs sie die Bedeutung der Zellenmembran der sekundären Muskelzelle hat. Sie dient also nicht blofs zum Isoliren des Muskelbündels, sondern ist ein wesentlicher Bestandtheil desselben. Tab. IV. Fig. 5 zeigt dieselbe strukturlose Zellenmembran an einem Muskelbündel eines Hechtes; doch war dieses Präparat nicht ganz überzeugend, weil der untere Rand dieses Muskelbündels von darüber liegenden Muskeln verdeckt wurde. Durch sie bleibt das Muskelbündel durch's ganze Leben eine Zelle mit einer geschlossenen Membran und einer Zellenhöhle, die freilich von fester Substanz, der eigenthümlichen Muskelsubstanz ausgefüllt ist. Es folgt zugleich daraus, dafs nicht etwa ein Eindringen von Nervenfasern zwischen die primitiven Muskelfasern Statt haben kann, und dafs eben so wenig die primitiven Muskelfasern von ihrem Bündel sich lösen und frei weiter verlaufen können, wie es beim Zellgewebe doch gewöhnlich ist. In beiden Fällen müfste nämlich die Zellenmembran durchbrochen werden.

Die eigentliche Muskelsubstanz, welche also zuerst als sekundäre Ablagerung auf der inneren Fläche der sekundären Muskelzelle sich bildet, bis sie die ganze Höhle der Zelle füllt, besteht nämlich im ausgebildeten Zustande aus sehr feinen Längsfasern, den sogenannten Primitivfasern der Muskeln. Es scheint nicht, dafs diese Längsfasern der primitive Zustand der sekundären Ablagerung ist, sondern dafs diese Ablagerung in der frühesten Zeit strukturlos ist und dann erst ihre Umwandlung in Fasern erfolgt. Doch scheint diese Umwandlung schon sehr frühe zu geschehen, und zwar noch bevor die Höhle der sekundären Zelle ganz ausgefüllt ist. Die Querstreifung der

Muskelbündel, welche wenigstens nach meiner Erklärungsweise durch die eigenthümliche Form der Primitivfasern bedingt ist, erscheint ebenfalls vor der gänzlichen Ausfüllung der Zellenhöhle, wie Tab. IV. Fig. 3c zeigt.

Nach den oben erwähnten Beobachtungen von Meyen über die Bildung der Bastzellen findet auch nach der Verschmelzung der einzelnen Zellen und der Resorption ihrer Scheidewände eine sekundäre Ablagerung auf der nun gemeinsamen Zellenmembran Statt, wie wir es bei den Muskeln beobachtet haben; jedoch ist mir bei den Pflanzen keine Analogie bekannt, wo eine sekundäre Ablagerung aus Längsfasern besteht. Die sekundären Ablagerungen geschehen vielmehr, nach Valentin, bei den Pflanzen überall in Spirallinien. Man könnte es vielleicht als Folge dieser Tendenz zur Spiralbildung betrachten, dafs die Primitivfasern der Muskeln stellenweise perlschnurartig angeschwollen sind, indem diese Anschwellungen so liegen, dafs sie die Querstreifung erzeugen, und diese Querstreifung vielleicht keine kreisförmige, sondern eine spiralige ist. Doch ist dies nur eine entfernte Vermuthung, die einer weiteren Untersuchung bedarf.

Die unwillkürlichen, nicht quergestreiften Muskeln scheinen auf ähnliche Weise zu entstehen, wie die quergestreiften. Sie unterscheiden sich aber dadurch, dafs sie gewöhnlich nicht aus so langen Fasern bestehen, wie die willkürlichen Muskeln, dafs also wahrscheinlich weniger primäre Zellen sich zur Bildung einer sekundäre Zelle an einander legen, und dafs diese Fasern gewöhnlich dünner und platt sind. In einem menschlichen Uterus, der eine reife Frucht enthielt, fand ich lange Muskelfasern von der Breite der gewöhnlichen Primitivbündel der willkührlichen Muskeln, die so platt waren, dafs ihre Dicke kaum 0,0010 — 0,0015 Lin. betragen mochte. Zellenkerne haben die unwillkürlichen Muskeln ebenfalls, und diese beweisen, dafs die Fasern, welche die unwillkührlichen Muskeln zusammensetzen, nicht etwa den Primitivfasern der willkürlichen Muskeln, sondern den Primitivbündeln ent-

sprechen. Zu der entgegengesetzten Ansicht könnte man dadurch kommen, dafs sie oft keine Spur von Längsstreifung zeigen und vielleicht meistens gar keine feinern Primitivfasern oder nur unvollkommen ausgebildete enthalten. Sie bleiben in diesem Punkte auf einer tiefern Entwicklungsstufe stehen, als die willkürlichen Muskelfasern. Für die Kontraktion der Muskeln ist vielleicht nur die eigenthümliche sekundäre Ablagerung auf der Zellenmembran der sekundären Muskelzelle wesentlich, nicht der Umstand, dafs diese Substanz noch aus feinen Längsfasern besteht.

Um die Untersuchung über die Entstehung der Muskeln kurz zu wiederholen, so läfst sich der Procefs in Folgendem zusammenfassen: Es sind zuerst runde, mit einem platten Kern versehene Zellen da, die primären Muskelzellen. Diese legen sich in Längslinien neben einander; die in einer Linie zusammengereihten Zellen verschmelzen an den Berührungsstellen mit einander, dann werden die Scheidewände, wodurch die verschiedenen Zellenhöhlen der verschmolzenen Zellen getrennt wurden, resorbirt, und so entsteht ein hohler, an seinen Enden geschlossener Cylinder, die sekundäre Muskelzelle, in welchem noch die Kerne der einzelnen Zellen, aus denen die sekundäre Zelle entstanden ist, enthalten sind und nahe zusammen meistens an der Wand der Zelle liegen. Diese sekundäre Zelle verhält sich nun wie eine einfache Zelle. Sie dehnt sich in ihrer ganzen Länge aus, wodurch die Kerne weiter aus einander rücken und zuweilen selbst ebenfalls in derselben Richtung sich verlängern. Zugleich tritt an der innern Fläche des Cylinders eine Ablagerung einer eigenthümlichen Substanz, der eigenthümlichen Muskelsubstanz, ein, wodurch die Höhle des Cylinders verengt wird. Allmählig wird sie dadurch ganz ausgefüllt. Die Zellenkerne liegen nach aufsen von dieser Substanz zwischen ihr und der Zellenmembran der sekundären Muskelzelle. Die abgelagerte Substanz erscheint bei willkührlichen Muskeln um so deutlicher aus Längsfasern zusammengesetzt, je älter der Fötus ist, und in demselben Ver-

hältniss werden die Querstreifen deutlicher. Die Zellenkerne werden allmählig resorbirt. Die Zellenmembran der sekundären Muskelzelle bleibt durchs ganze Leben, so dafs jedes Muskelprimitivbündel fortwährend als Zelle zu betrachten ist.

2) Nerven.

Die Elementargebilde des Nervensystems stellen sich unter einer doppelten Form dar: 1) als Fasern, Nervenfasern im weitern Sinne incl. die Fasern des Gehirns und Rückenmarks; 2) als Kugeln, Ganglienkugeln, ausser den Ganglien auch im Gehirn und Rückenmark vorkommend. Unsere Aufgabe ist, das Verhältnifs dieser beiden Arten von Elementargebilden zu den Elementarzellen nachzuweisen.

1) Nervenfasern.

Von diesen giebt es wieder zweierlei Formen: a) gewöhnliche weifse Nervenfasern; b) graue, sogenannte organische Fasern.

a) Weifse Nervenfasern. Sie erscheinen als Fasern, welche unter dem Mikroskop sehr dunkle Ränder zeigen, und dasjenige, was bei der mikroskopischen Betrachtung diese dunklen Ränder veranlafst, scheint auch gerade das zu sein, was diesen Nervenfasern, mit blofsem Auge betrachtet, ihre weifse Farbe giebt. Da der Grund dieser Farbe nicht in der ganzen Faser, sondern nur in dem äufsern Theile derselben zu liegen scheint, so kann man diesen Theil der Faser die weifse Substanz der Nervenfasern nennen. Gewöhnlich zeigt der Rand einer Nervenfaser beiderseits eine doppelte Kontur, so dafs die Faser dann das Ansehen einer hohlen Röhre hat, und die Distanz der beiden Konturen bezeichnet dann die Dicke der weissen Substanz. Nach den Untersuchungeu von Remak lässt sich die weifse Substanz jeder Nervenfaser durch Quetschen entfernen, und es bleibt dann, entsprechend dem, was früher als Inhalt der Röhre erschien, ein

äufserst durchsichtiges, blasses Band zurück, welches früher von der weifsen Substanz umgeben war. (S. R. Remak Obss. anat. et microsc. de syst. nerv. struct. Berol. 1838).

Auf diese Ergebnisse der Beobachtung läfst sich eine zweifache Ansicht über die Nervenfasern gründen: entweder dieses blasse Band ist die eigentliche Nervenfaser und die weifse Substanz nur eine Rinde um dieselbe (dies ist die Ansicht von Remak), oder die Nervenfaser ist wirklich eine hohle Faser, deren Wand von der weifsen Substanz gebildet wird, deren Inhalt aber nicht flüssig ist, sondern von einer ziemlich festen Substanz, nämlich eben jenem Bande gebildet wird.

Ueber das Verhältnifs der Nervenfasern zu den Zellen mufs uns die Entwickelungsgeschichte Aufschlufs geben. Remak*) beschreibt den frühern Zustand der Nerven auf folgende Weise: „In der dritten Woche des Embryolebens besteht beim Kaninchen die Substanz der Cerebrospinalnerven theils aus unregelmäfsig runden, theils aus länglichen, mit einem viel feinern anhängenden Fädchen versehenen, meist durchsichtigen Körperchen, die reihenweise gelagert sind, ohne dafs jedoch eine bestimmte faserige Struktur zu erkennen ist.“ Und l. c. pag. 153: „Eine strukturlose, im Allgemeinen kugelige Masse ist die ursprüngliche Form, aus welcher die Primitivfasern der Cerebrospinalnerven sich entwickeln. Diese Primitivfasern sind zuerst varikös und marklos; die meisten von ihnen gehen durch die Mittelstufe der Uebergangsfasern in die Form der cylindrischen über.“

Ich habe die Entstehung der Nervenfasern bei Schweinefötus untersucht. Die Nerven des Fötus haben nicht die glänzend weifse Farbe, wie die des Erwachsenen, sondern sie sind grau und durchscheinend, und zwar um so mehr, je jünger der Embryo ist. Man darf hieraus schon

*) Müller's Archiv, 1836. p. 148. Ueber die mikroskopische Beschaffenheit des Gehirns und Rückenmarks beim Fötus siehe Valentin, Entwickelungsgeschichte p. 183.

erwarten, auch bei der mikroskopischen Untersuchung die weifse Substanz der Nervenfasern weniger vollständig oder gar nicht entwickelt zu finden. Breitet man einen Nerven von einem etwa 6 Zoll langen Schweinefötus nach der gewöhnlichen Präparationsmethode durch Zerren und unter Anwendung von Wasser aus, so sieht man einzelne Nervenfasern, denen des Erwachsenen sehr ähnlich und mit fast eben so dunkeln Konturen versehen. Der gröfste Theil der Substanz aber bildet keine zusammenhängende Fasern, sondern besteht aus einzelnen runden Kugeln, oder mehr oder weniger langen, unregelmäfsigen Cylinderchen, die nach der Länge des Nerven liegen, übrigens aber so dunkle Konturen, wie die Nervenfasern haben. Diese scheinen das zu sein, worauf sich Remak in der oben erwähnten Beschreibung bezieht. Aufserdem aber sieht man eine Substanz von ganz anderem Ansehn, ohne die dunkeln Konturen nicht durchsichtig, sondern granulirt aussehend, und in dieser erkennt man deutlich Zellenkerne. Man übersieht sie leicht oder hält sie für etwas Fremdartiges, wenn die übrigen Bestandtheile vorwalten. Sie ist aber in der That das Primitive der Nerven, denn ihre relative Menge ist um so grösser, je jünger der Fötus ist, und bei einem Schweinefötus von 3 Zoll Länge fand ich sie als alleiniges Konstituens der Nerven, so dafs noch gar keine mit so dunkeln Konturen versehene Fasern, Cylinder oder Kugeln zu sehen waren. Doch scheint die Entwickelung der Nerven nicht bei allen Individuen gleichmäfsig zu erfolgen; denn bei anderen, kaum gröfseren Schweinefötus waren schon solche dunkle Kugeln und Cylinder da. Tab. IV. Fig. 6 stellt ein Stückchen von N. ischiadicus, und Fig. 7 vom N. brachialis jenes Schweinefötus dar. Man sieht einen ziemlich blassen, sehr fein granulirten Strang, der durch gewisse Schattirungen nach seiner Länge, wie sie die Abbildung darstellt, den Ausdruck einer groben Faserung zeigt. Gewöhnlich im Laufe der schattirten Stellen, und zwar in der ganzen Dicke des Stranges, sieht man runde oder meistens ovale Körperchen, die man sogleich als Zellen-

kerne erkennt und die zuweilen auch noch ein oder zwei Kernkörperchen zeigen. Zuweilen trennt sich von einem solchen Strange eine Faser und steht isolirt hervor, wie bei a in beiden Figuren, und man sieht dann, dass die Kerne im Verlaufe der Fasern liegen. Eine Faser zeigt in ihrem Verlaufe mehrere Kerne, so wie es bei den sekundären Muskelzellen der Fall war (siehe Figur 8b). Bei der vierten Klasse oder den Faserzellen habe ich dies nie beobachtet. Obgleich man in diesem frühern Zustande diese (Nerven-) Fasern nicht deutlich als hohl erkennt, indem die Wand vom Inhalt sich nicht mikroskopisch unterscheiden läfst, so wird dies doch, wie wir sehen werden, im Verfolg der Entwickelung sehr wahrscheinlich. Wenn nun diese (Nerven-) Fasern darin mit den sekundären Muskelzellen in ihrem frühern Zustande übereinstimmen, dafs sie hohl sind und in ihrem Verlaufe an mehrern Stellen Kerne enthalten, die man in ihrer Form als die gewöhnlichen Zellenkerne erkennt, so wird daraus auch eine ähnliche Entstehungsweise, wie bei den Muskeln wahrscheinlich, dafs sie nämlich durch Verschmelzung primärer Zellen sich bilden, deren Kerne eben jene an den Fasern vorkommenden Kerne sind, so dafs also die Nervenfasern sekundäre Zellen wären und den sekundären Muskelzellen oder den Muskelprimitivbündeln entsprechen würden. Die wirkliche Beobachtung der primären Nervenzellen, so lange sie noch selbstständig sind, ist defshalb schwer, weil man dann die Nerven noch nicht als solche erkennt. Ein ganzes Organ besteht in dieser Zeit noch blofs aus selbstständigen, indifferenten Zellen. Zwar sah ich eine mit einem Kern versehene, selbstständige Zelle, die sich in dem obigen Präparat von dem Strange getrennt zu haben schien (siehe Figur 6b); aber ich kann nicht mit Bestimmtheit behaupten, dafs sie sich wirklich von diesem getrennt hatte und dafs sie eine primäre Nervenzelle war, da die primären Zellen noch indifferent sind. Wir müssen uns also hier wenigstens vorläufig mit der Analogie der Muskeln begnügen.

Diese Fasern oder sekundären Muskelzellen sind in ihrem Ansehn von den spätern Nervenfasern sehr verschieden, mit bestimmten aber nicht dunkeln Konturen versehen; sie haben ein blasses, granulirtes Ansehn. Bei fortschreitender Entwickelung aber bilden sie sich zu den spätern weifsen Nervenfasern aus. Tab. IV. Fig. 8d stellt den Uebergang dar. Nach rechts ist die abgebildete Faser noch ganz wie im jüngern Zustande, blafs, granulirt und mit einem Zellenkern versehen; nach links hat sie schon ganz die spätere Form. Sie hat eine dunkle Kontur, ist nicht granulirt, und beide Theile gehen unmittelbar ineinander über. Die Identität dieser blassen Fasern und der spätern weifsen Nervenfasern steht also fest.

Worin besteht nun aber diese Umwandlung jener blassen, granulirten Fasern in die weifsen Nervenfasern? Offenbar in der Entwickelung der weifsen Substanz; aber die Art dieser Entwickelung kann man sich auf eine dreifache Weise vorstellen. Sie kann geschehen 1) indem sich um jede Faser die weifse Substanz als eine Rinde bildet, die jede Faser umschliefst. Bei dieser Erklärung würde die Faser identisch sein mit dem von Remak entdeckten blassen Bande, so dafs also dieses Band die Zellenmembran selbst wäre. 2) Man könnte die weifse Substanz für eine Umwandlung und Verdickung der Zellenmembran jener Fasern oder sekundären Nervenzellen halten. Bei dieser Erklärung wäre die weifse Substanz die Zellenmembran, und das Band von Remak der feste Inhalt der secundären Zelle. 3) Die dritte Erklärungsweise wäre die, dafs sich die weifse Substanz als sekundäre, chemisch von der Zellenmembran verschiedene Ablagerung auf der innern Fläche der Zellenmembran bildet, und dann erst der Rest der Zellenhöhle durch das Remak'sche Band ausgefüllt wird.

Man sieht, dafs diese Frage analog ist der bei den Muskeln aufgeworfenen: ob die eigentliche Muskelsubstanz eine Verdickung der ursprünglichen Zellenmembran selbst, oder eine sekundäre Ablagerung auf derselben ist.

Ihre Beantwortung ist in beiden Fällen für den Beweis der Entstehung der Nerven und Muskeln aus Zellen nicht wesentlich, aber um so wichtiger für die Deutung der Struktur eines ausgebildeten Nerven. So viel die wenigen Beobachtungen, die ich darüber angestellt habe, einen Schlufs erlauben, scheint mir die letzte Ansicht, nämlich dafs die weifse Substanz eine sekundäre Ablagerung auf der innern Fläche der Zellenmembran ist, die wahrscheinlichste. Die weifse Substanz jedes Nerven ist nämlich aufsen mit einer strukturlosen, fein granulirt aussehenden, eigenthümlichen Haut umgeben. Diese erscheint als ein schmaler, heller Saum, welcher sich deutlich von den dunkeln Konturen der weifsen Substanz unterscheidet. Es scheint, dafs man diese Membran mit zum Neurilem oder zu dem Zellgewebe gerechnet hat, womit die Nervenfaser umgeben ist, und, obgleich diese Membran bei Froschnerven meist sehr scharf nach aufsen begrenzt ist, so würde man bei Säugethieren an ganzen Nervenfasern schwerlich zu einer andern Ueberzeugung kommen, wenn man nicht Gelegenheit hätte, die Membran isolirt zu sehen. Tab. IV. Fig. 9a stellt ein solches Präparat dar vom N. vagus in der Schädelhöhle eines Kalbes. Hier ist durch die Präparation die Kontinuität der weifsen Substanz des Nerven an einer Stelle getrennt. Man unterscheidet aber da, wo sie noch vorhanden ist, deutlich die doppelten Konturen, also die Dicke der weifsen Substanz. Der Nerv ist aber auch da, wo die weifse Substanz entfernt ist, scharf nach aufsen begrenzt, obgleich nur mit blassen Konturen, und diese blasse Kontur geht nicht in die äufsere dunkle Kontur der weifsen Substanz über, sondern setzt sich als ein schmaler Saum aufsen, parallel den beiden Konturen der weifsen Substanz fort. Also ist die weifse Substanz der Nerven aufsen mit einer dünnen, blassen Membran umgeben, die nach aufsen scharf begrenzt ist. Wenn die Membran sehr dünn ist, so läfst sie sich nicht als blasser Saum um die Nervenfaser erkennen; man sieht sie aber doch deutlich an Stellen, wo die weifse Substanz zerstört ist: siehe

Figur 9 b. Schon die scharfe äufsere Begrenzung spricht gegen eine Zusammensetzung dieser Membran aus Zellgewebe; man sieht aber auch in dem freiliegenden Stück der Membran gar keine faserige Struktur; sie sieht nur etwas fein granulirt aus. Ist dies richtig, so kann sie nichts Anderes als die Zellenmembran der Nervenfaser oder sekundären Nervenzelle sein. Die weifse Substanz ist dann eine sekundäre Ablagerung auf der innern Fläche derselben. Dafür spricht nun auch die Lage der Zellenkerne. Die meisten Zellenkerne, wie sie an den jüngsten noch blassen Nervenfasern vorkommen, verschwinden bei der Ausbildung der weifsen Substanz, wie diefs ja bei den meisten andern Zellen ebenfalls der Fall ist. Einzelne scheinen aber doch längere Zeit zu bleiben; man sieht wenigstens zuweilen, obwohl nicht oft, an Nerven, deren weifse Substanz vollständig entwickelt ist, seitwärts noch hier und da einen Zellenkern, der in dem blassen Saume liegt, welcher aufsen die weifse Substanz umgiebt. Fig. 9 cd stellt solche Fasern vom Nerv. vagus desselben Kalbes dar. In der Faser c bildet sogar die weifse Substanz, entsprechend dem Kern, einen kleinen Vorsprung in die Höhle der Faser. Dieser Zellenkern scheint also wirklich der Faser anzugehören und an der innern Fläche der Zellenmembran zu liegen, während die weifse Substanz so abgelagert ist, dafs der Kern nach aufsen von ihr liegen bleibt. Das von Remak entdeckte Band würde dann der eigentliche Zelleninhalt sein. Ich bitte indessen, diefs nur als einen Versuch einer Deutung zu betrachten, über dessen Richtigkeit weitere Untersuchungen entscheiden müssen, da zur Sicherheit in einem so wichtigen Gegenstande viel ausführlichere Untersuchungen und eine monographische Behandlung durchaus nothwendig ist.

Nach dieser Deutung ist also jede Nervenfaser in ihrem ganzen Verlaufe eine sekundäre Zelle, entstanden durch Verschmelzung primärer, mit einem Kern versehener Zellen. Man mufs an diesen Zellen unterscheiden: 1) eine äufsere blasse, granulirt aussehende, nicht faserige,

dünne Zellenmembran, an deren innerer Fläche bei ganz jungen Nerven konstant, bei etwas älteren, wo die weifse Substanz entwickelt ist, in einzelnen Fällen noch Zellenkerne anliegen. 2) Auf der innern Fläche dieser Zellenmembran ist die weifse, fettartige Substanz der Nerven abgelagert, welche vorzugsweise das eigenthümliche Ansehn und die scharfen Konturen der Nerven veranlafst. Wenn diese Lage dick ist, so unterscheidet man ihre doppelten Konturen, wodurch der Nerv sein röhrenartiges Ansehn erhält; wenn sie aber dünn ist, so lassen sich die doppelten Konturen nicht erkennen. Morphologisch entspricht sie also der eigenthümlichen Muskelsubstanz, weil diese sich ebenfalls als sekundäre Ablagerung auf der Membran der sekundären Muskelzellen bildet. 3) Der übrige Zelleninhalt scheint von einer festen Substanz, nämlich dem von Remak entdeckten Bande ausgefüllt zu sein. Hierfür findet sich bei den ausgebildeten Muskeln kein Analogon, da die sekundäre Ablagerung bei den Muskeln, nämlich die Bildung der eigentlichen Muskelsubstanz, so lange fortdauert, bis die Höhle der sekundären Muskelzelle ganz gefüllt ist.

Wir haben bisher die Entstehung der Nerven bis zu ihrer völligen Ausbildung verfolgt, ohne dafs dabei jene unregelmäfsigen Kugeln und Cylinderchen von dunkeln Konturen, die, wie oben p. 171 angegeben wurde, aufser den blassen Fasern und den vollständigen Nervenfasern auf einer mittlern Entwickelungsstufe der Nerven vorkommen, als eine Uebergangsstufe sich zeigten. Ich möchte sie für Kunstprodukt halten, entstanden durch die Einwirkung des Wassers und des Druckes auf die noch zarten Nerven. Wenn nämlich Wasser durch die Zellenmembran durch Imbibition durchdringt, so zieht sich die ölartige weifse Substanz zu einzelnen abgerundeten Formen um so leichter zurück, je weniger Konsistenz sie hat. Man sieht diefs selbst noch an erwachsenen Nerven oft: ein ganzer Nerv zerfällt dadurch oft in einzelne Kugeln oder Cylinderchen, die scharf abgegrenzt sind, so dafs nur die Zel-

lenmembran ununterbrochen als ein blasser Streifen von der äufsern Wand des einen dunkeln Stückchens zu der des andern fortläuft. Valentin hat eine Abbildung von solchen zerfallenen Nerven gegeben (Acta Acad. Leopold. Nat. Curios. Vol. XVIII. Tab. III. Fig. 7). Wenn nun beim Fötus die weifse Substanz weniger consistent ist, so zerfällt sie noch leichter, und man kann die künstliche Entstehung solcher Kugeln leicht bei Fötalnerven beobachten.

Die Nerven wachsen weder von der Peripherie nach den Centralorganen, noch von den Centralorganen nach der Peripherie hin, sondern ihre primären Zellen sind unter den Zellen enthalten, aus denen sich jedes Organ bildet, und die wenigstens ihrem Ansehen nach indifferent sind. Als Nerven charakterisiren sie sich erst, wenn sie reihenweise zu einer sekundären Zelle verschmelzen. Nach dieser Verschmelzung bildet jede Nervenfaser eine einzige Zelle, welche ununterbrochen von dem Organ, in dem sie sich peripherisch endigt, zu den Centralorganen des Nervensystems läuft. Die Bildung der weifsen Substanz der Nerven scheint an den peripherischen Enden der Nerven später zu erfolgen, als in den Stämmen. In der medizinischen Zeitung 1837, August, beschrieb ich Nerven aus dem Schwanze der Froschlarven, die in ihrem Ansehen ganz verschieden seien von den gewöhnlichen Nerven, eine blasse Kontur und keine erkennbare Höhle zeigen. Diefs waren Nerven im jungen Zustande vor Entwickelung der weifsen Substanz. An sehr jungen Larven sieht man nur solche im Schwanze jener Larven. Allmählig zeigen sich einzelne und später mehrere Nerven von dem gewöhnlichen Ansehn mit dunkeln Konturen, und zwar findet man sie zuerst in der Nähe des in der Mitte des Schwanzes verlaufenden Muskelbündels. Es scheint also, dafs die Entwickelung der weifsen Substanz von den Stämmen gegen die Peripherie fortschreitet. Diese weifsen Fasern werden nach der Peripherie hin feiner und blasser. Zuweilen scheint eine solche Faser ziemlich plötzlich selbst mit einer

unvollständigen Zuspitzung aufzuhören. Aber dann sieht man gewöhnlich bei genauerer Betrachtung einige äufserst zarte, sehr dünne Fädchen davon abgehen. Auch jene blassen jungen Nervenfasern im Schwanze jener Larven theilen sich, wie ich schon a. a. O. erwähnte. Es ist nun die Frage: Sind jene feinern Fasern, welche eine wenigstens scheinbare Theilung veranlassen, schon in einer gewöhnlichen weifsen primitiven Nervenfaser vorbereitet, oder sind es wahre Theilungen? Da jede Nervenfaser eine sekundäre Zelle ist und ihren Charakter als einfache Zelle beibehält, indem die einfache Zellenmembran von ihren sekundären Ablagerungen und vom Inhalt der Zelle unterschieden fort existirt, so ist es zwar denkbar, dafs in diesen sekundären Ablagerungen oder im Zelleninhalte sich Fasern bilden, wie bei den Muskeln, obgleich bis jetzt nichts dafür spricht; aber diese Fasern könnten aus der weifsen Nervenfaser eben so wenig frei hervortreten, als die Primitivfasern bei den Muskeln aus der sekundären Muskelzelle, weil dadurch die Zellenmembran der sekundären Zelle durchbrochen werden müfste. Jene Theilungen können also, insofern dasjenige, woraus sie hervorgehen, einer gewöhnlichen Nervenfaser entspricht und nicht blofs ein Bündel sehr feiner sekundärer Nervenzellen ist, keine blofs scheinbare, sondern nur wahre Theilungen sein, indem sich eine einfache sekundäre Nervenzelle in mehrere feine Fasern verlängert, ganz auf analoge Weise, wie wir es oben p. 138 bei den Faserzellen gesehen haben. Die Endigung der Nervenfasern würde also an dieser Stelle, nämlich im Schwanze der Froschlarven, darin bestehen, dafs die Nervenfasern, d. h. die sekundären Zellen, zuletzt mehr indifferent werden, und nach Art der Faserzellen oder der sternförmigen Zellen nach verschiedenen Seiten hin sich zertheilen. Ich habe a. a. O. noch Anschwellungen an den blassen Nervenfasern im Schwanze der Froschlarven erwähnt. Diese haben eine doppelte Bedeutung: Einzelne, die nämlich gegen die Faser ringsum scharf abgegrenzt sind, sind die Kerne der Zellen, aus denen die Faser entstand;

die meisten aber, die ohne scharfe Grenze in die Faser übergehen, und zwar gewöhnlich an solchen Stellen, wo eine Theilung und ein Abgehen von Fasern nach verschiedenen Seiten hin Statt findet, sind die Körper der ursprünglichen Zellen, welche, besonders wenn sie sich nach verschiedenen Seiten hin in Fasern verlängern, etwas dicker bleiben als ihre Verlängerungen selbst, wie man diefs auch an den Pigmentzellen Tab. II. Fig. 9a sieht.

b) Graue oder organische Nervenfasern. Die grauen Stränge, welche nach den Untersuchungen von Retzius und von J. Müller vom sympathischen Nervensystem den Cerebrospinalnerven beigemischt werden und weite Strecken isolirt in diesen fortlaufen, verdanken nach den Untersuchungen von Remak ihr graues Ansehen „der eigenthümlichen Struktur der Primitivfasern, welche aus den Ganglien entstehen. Diese sind nämlich nicht röhrig, d. h. mit einer Scheide umgeben, sondern nackt, sehr durchsichtig, gleichsam gallertartig, viel feiner als die meisten primitiven Röhren. Sie zeigen auf ihrer Oberfläche fast immer Längslinien, und lösen sich leicht in sehr feine Fasern auf. In ihrem Verlaufe sind sie sehr häufig mit ovalen Knötchen versehen, und mit gewissen kleinen, ovalen oder runden, selten unregelmäfsigen Körperchen bedeckt, die einen einfachen oder mehrfachen Kern zeigen und in ihrer Gröfse den Kernen der Ganglienkugeln beinahe gleichkommen.“ (Observationes anat. et microsc. de system. nervos. structura. Berol. 1838. p. 5.) *)

Diese Körperchen erkennt man sowohl in den von Remak gegebenen Abbildungen, als in der Natur sofort als Zellenkerne, welche rund oder oval und oft mit ein

*) Die von Remak gemachte Entdeckung der eigenthümlichen Struktur der organischen Nervenfasern erklärt eine früher von mir mitgetheilte Beobachtung über äufserst feine, blasse, nicht röhrig aussehende und stellenweise mit Knötchen versehene Nervenfasern, welche ich im Mesenterium von Fröschen fand. Es waren ohne Zweifel solche organische Fasern.

oder zwei Kernkörperchen versehen sind. Sie sitzen an den feinsten Fasern, und da sie dicker als diese sind, so scheint es oft, als ob sie nur aufsen auf den Fasern säfsen. Allein dafs diefs wirklich der Fall ist, kann man aus den Beobachtungen nicht schliefsen. Bei den sekundären Muskelzellen, bei denen die Kerne entschieden innerhalb der Zelle liegen, hat es auch oft besonders in späteren Entwickelungsperioden vor dem Verschwinden der Kerne das Ansehen, als ob die Kerne aufserhalb der Zelle lägen, indem sie nach aufsen gedrängt werden. Aber die Zellenmembran wird dabei ohne Zweifel eben so hügelförmig in die Höhe gehoben, wie diefs an den Fettzellen Tab. III. Figur 10 sehr deutlich war. Diese feinsten, mit Zellenkernen versehenen organischen Fasern gleichen nun ganz dem frühern Zustande der weifsen Nervenfasern, wie sie Tab. IV. Fig. 8 ab abgebildet wurden. Beide haben dasselbe blasse, fein granulirte Aussehen, und Zellenkerne in ihrem Verlaufe. Die organischen Fasern sind nur viel feiner und die Zellenkerne kleiner. Jede einzelne mit einem Kern versehene organische Faser (nicht ein ganzes Bündel derselben) entspricht einer einzelnen weifsen Primitivfaser und ist wahrscheinlich ebenso, wie diese, eine sekundäre Zelle, entstanden durch Verschmelzung primärer Zellen, deren Kerne die von Remak beschriebenen Knötchen an diesen Fasern sind. Aus der Aehnlichkeit der organischen Fasern mit dem, was ich als früheren Zustand der weifsen Nervenfasern beschrieben habe, könnte man einen Einwurf gegen meine Darstellung über die Entstehung der Nerven erheben, und sagen, dafs jene Form nur scheinbar die frühere Form der weifsen Nervenfasern sei, weil sich die organischen Nerven früher entwickelten als die weifsen Nerven, und defshalb Anfangs nur organische Fasern da seien. Allein diefs wird widerlegt durch die Beobachtung des wirklichen Ueberganges, wie ihn Tab. IV. Fig. 8 cd darstellt. Aus jeder blassen, mit Zellenkernen versehenen Faser entsteht unmittelbar durch Bildung der weifsen Substanz, wahrscheinlich als einer sekundären Ablagerung auf der innern

Fläche der hohlen Faser eine weifse Nervenfaser. Bei den organischen Fasern kommt es entweder erst viel später oder gar nicht zur Bildung dieser weifsen Substanz, welche der Analogie nach an jeder feinsten Faser Statt haben müfste, und ihre Eigenthümlichkeit besteht also darin, dafs sie auf einer frühern Entwickelungsstufe stehen bleiben, und entweder gar nicht oder viel später die höhere Entwickelung der gewöhnlichen Nerven erreichen (was durch eine Vergleichung ihrer Zahl bei alten und jungen Individuen auszumachen wäre). Man kann sich vorstellen, dafs die Funktion der organischen Nerven, mag sie nun wirklich eine chemisch vitale sein oder blofs in der Vermittlung unwillkührlicher Bewegung bestehen, auf dieselbe Weise weniger entwickelte Nerven fordert, wie die unwillkürlichen Muskeln auch nicht den Grad der Ausbildung erreichen, als die willkürlichen.

2) Ganglienkugeln.

Sie kommen bekanntlich in der grauen Substanz des Gehirns, des Rückenmarks und in den Ganglien vor, und erscheinen gewöhnlich als verhältnifsmäfsig grofse körnige Kugeln, welche in sich excentrisch ein rundes Bläschen enthalten, in dem sich noch ein oder zwei kleine dunkle Punkte zeigen. Nach Remak kommen dieser Bläschen zuweilen zwei in Einer Kugel vor. Valentin (Nov. act. Acad. Leopold. XVIII. p. 196) macht auf die Aehnlichkeit ihrer Zusammensetzung mit dem Ei aufmerksam, indem er das Bläschen der Ganglienkugeln mit dem Keimbläschen, das Parenchym derselben mit der Dottersubstanz vergleicht, und beiden Gebilden eine schützende Hülle aus zellgewebeartigen Fasern beilegt. Dieser Vergleich ist gewifs sehr treffend, nur darf man die äufsere Hülle beider nicht als etwas Unwesentliches, aus andern Elementartheilen Zusammengesetztes betrachten, sondern die Ganglienkugeln sind, wie der Dotter, wahre Zellen, und die äufsere Haut ist ein wesentlicher Bestandtheil derselben, nämlich die Zellenmembran. Die Dotterhaut ist bei den Eiern im Eierstock

der Vögel vollkommen strukturlos, nicht aus feinern Elementartheilen zusammengesetzt; ebenso die Hülle der Ganglienkugeln. Beides sind wahre einfache Zellen Das Parenchym der Ganglienkugeln ist der Zelleninhalt, und das Bläschen in denselben der Zellenkern; die kleinen Körperchen in diesem Bläschen sind die Kernkörperchen. Das Bläschen der Ganglienkugeln liegt, wie bei allen Zellen, excentrisch an der innern Fläche der Zellenmembran. Am deutlichsten läfst sich diese Zellenmembran an den Ganglienkugeln in den sympathischen Nerven des Frosches vor ihrer Verbindung mit dem plexus ischiadicus erkennen. S. Tab. IV, Fig. 10 a. Sie erscheint hier verhältnifsmäfsig dunkel, und sowohl nach innen als nach aufsen scharf begrenzt, so dafs sich ihre Dicke leicht messen läfst. Valentin hat schon darauf aufmerksam gemacht, dafs bei niedern Thieren die Scheide der Ganglienkugeln dicker ist. Bei Fröschen scheint sich an der angegebenen Stelle zuweilen eine Ganglienkugel innerhalb einer andern Zelle zu erzeugen. Siehe Fig. 10 b. Der Inhalt dieser Ganglienkugeln ist eine feinkörnige, gelbliche Substanz, und diefs scheint überhaupt das Gewöhnliche zu sein. Doch sah ich auch einmal bei einer Ganglienkugel vom Kopfe eines Ochsen (ich weifs nicht genau, von welcher Stelle), dafs das Körnige blofs in der Oberfläche der Ganglienkugel lag, und das Innere hell war, was sich beim Rollen der Kugeln deutlich unterscheiden liefs. Dafs zuweilen zwei Kerne in einer Ganglienkugel vorkommen, ist nicht auffallend; wir haben diefs schon an mehrern Zellen, namentlich bei den Knorpeln gefunden. Hier war dann aber nur der eine der wahre Zellenkern, der Cytoblast der Knorpelzelle, der andere eine spätere Bildung innerhalb der Zelle.

3) Kapillargefäfse.

Auf Tab. II. Fig. 9 sind zwei sternförmige Pigmentzellen dargestellt, die sich bei a miteinander verbinden. Es entstanden hier in einiger Entfernung von einander zwei

Zellen, deren Körper man als zwei etwas dickere Stellen noch unterscheidet. Diese Zellen wuchsen nach verschiedenen Seiten hin in hohle Fortsetzungen aus, die wie die Höhle des Zellenkörpers selbst mit Pigment gefüllt sind. Zwei Fortsetzungen der beiden Zellen stiefsen bei a zusammen und verwuchsen dort, und dabei scheint zugleich an der verwachsenen Stelle die Scheidewand resorbirt worden zu sein, so dafs die Höhlen der beiden Zellen unmittelbar mit einander communiciren; wenigstens ist keine Unterbrechung in dem Pigment, welches den Inhalt der Zellen und ihrer Fortsätze bildet, zu erkennen (s. oben p. 88). Denkt man sich nun, dafs mehrere solche sternförmige Zellen auf einer grofsen Fläche in eben solchen Entfernungen von einander entstehen, dafs mehrere Verlängerungen der einzelnen Zellen sich mit mehrern Verlängerungen anderer Zellen nach derselben Weise verbinden, wie es in der angegebenen Figur bei a dargestellt ist, so entsteht ein Netz von Kanälen über die ganze Fläche, die alle mit einander communiciren. Die Gröfse der Maschen des Netzes hängt von der Entfernung der Zellen von einander und von der Zahl der Fortsetzungen an jeder einzelnen Zelle ab. Diefs scheint nun der Bildungsprozefs der Kapillargefäfse zu sein.

Die Beobachtungen, welche für diese Art der Bildung der Kapillargefäfse sprechen, wurden theils am Schwanze sehr junger Froschlarven, theils an der Keimhaut des Hühnereies angestellt. Es sind folgende:

1) Am Schwanze sowohl erwachsener als junger Froschlarven sieht man, dafs die Kapillargefäfse von einer zwar dünnen, aber deutlich unterscheidbaren Haut umgeben sind, in der sich keine Fasern unterscheiden lassen. S. Tab. IV, Fig. 11. Dafs man diese Haut nicht an allen Kapillargefäfsen unterscheiden kann, läfst sich durch eine verschiedene Dicke derselben erklären, so wie man ja auch an den Blutkörperchen die Zellenmembran nicht unterscheidet, obgleich sie unzweifelhaft vorhanden ist. Wo die Kapillargefäfswände noch Fasern zeigen, haben sie schon eine komplizirtere Bildung,

und diese Fasern sind dann, wie ich glaube, von der Zellenmembran der Kapillargefäfse verschieden.

2) An den Wänden der Kapillargefäfse junger sowohl als erwachsener Froschlarven kommen von Stelle zu Stelle sehr evidente Zellenkerne vor. Sie liegen, so viel sich unterscheiden läfst, in der Dicke der Wand oder an der innern Fläche der Kapillargefäfse, so dafs sie oft an dieser einen Vorsprung bilden. Siehe Fig. 11. Sie lassen eine verschiedene Erklärung zu. Es sind entweder die Kerne der primären Kapillargefäfszellen, oder es sind Kerne von Epitheliumzellen, welche die Kapillargefäfse auskleiden. Epitheliumzellen kommen allerdings an Gefäfsen, die den Kapillargefäfsen sehr nahe stehen oder auch wirklich welche sind, vor, wie man sehr deutlich an den Gefäfsen in der Membrana capsulopupillaris 4—6 Zoll langer Schweineembryonen sieht, wo sie zum Theil sogar halbkugelig in die Höhle des Gefäfses hineinragen; allein an den Kapillargefäfsen im Schwanze der Froschlarven sind keine Epitheliumzellen, die diese Kerne umgäben, zu erkennen. Diese scheinen vielmehr oft frei an der innern Wandfläche des Gefäfses zu liegen, und sie müfsten auch viel häufiger sein, wenn es Kerne von Epitheliumzellen wären. Die Erklärung dieser Kerne als Kerne der primären Kapillargefäfszellen bleibt daher, obgleich durch diese exklusive Beweisführung keineswegs entschieden, doch die wahrscheinlichste.

3) An sehr jungen Froschlarven sieht man, während die meisten Kapillargefäfse die gewöhnliche cylindrische Gestalt haben, gleichmäfsig dick sind, und während in diesen das Blut ungestört fliefst, eine andere unregelmäfsige Form von Kapillargefäfsen. Leider habe ich versäumt, im Frühjahr eine Abbildung davon zu nehmen; in der Hauptsache aber stimmen sie mit den Kapillargefäfsen überein, wie sie von der Keimhaut des Hühnereies auf Tab. IV. Fig. 12 schematisch dargestellt sind, nur dafs die Maschen des Gefäfsnetzes im Schwanze der Froschlarven weit gröfser sind. Diese Kapillargefäfse sind nicht regelmäfsig cylindrisch, sondern von sehr verschiedener Dicke. Gewöhn-

lich sind sie an den Stellen, wo Aeste abgehen, am breitesten, zuweilen selbst breiter als die gewöhnlichen Kapillargefäfse (S. a, b der Figur). Die Aeste verschmälern sich von solchen breiten Stellen aus sehr bald, und erweitern sich wieder, so wie sie sich einer andern breiten Stelle nähern. In dem Grade dieser Verschmälerung kommen alle Uebergangsstufen vor, von solchen Gefäfsen, wo die Verschmälerung kaum merkbar ist, bis zu solchen, wo die verschmälerte Stelle kaum dicker ist als eine Zellgewebefaser, z. B. bei c der Figur. Aufserdem gehen zuweilen von solchen dickern Stellen Aeste aus, die sich ebenfalls schnell bis zur Feinheit von Zellgewebefasern verschmälern, und dann sich verlieren, ohne eine andere dikkere Stelle zu erreichen, z. B. d, e der Figur, also blinde Aeste. Nach der obigen Ansicht über die Entstehung der Kapillargefäfse ist die Deutung dieser Beobachtungen folgende: die dicken Stellen a, b u. s. w. sind die Körper der primären Kapillargefäfszellen. Durch stellenweise stärkeres Wachsthum bilden sich, wie bei allen sternförmigen Zellen, hohle Fortsetzungen dieser Zellenkörper, wie bei d. Diese Fortsetzungen stofsen auf ähnliche von andern, und dadurch entsteht die Form c. Da aber diese Fortsetzungen hohl sind, so können sie sich durch Wachsthum ausdehnen, und so verwandelt sich das Kanälchen c in f und zuletzt in g, welches die Dicke eines gewöhnlichen Kapillargefäfses hat. Zur Beurtheilung, inwiefern diese Deutung richtig ist, ist aber eine genauere Kritik der Beobachtung nöthig. Zunächst kann man in Zweifel ziehen, ob man es überhaupt hier mit Kapillargefäfsen zu thun hat. Während in den gewöhnlichen Kapillargefäfsen das Blut ungestört fliefst, finden sich in diesen Kanälchen, wenigstens in den feinern, keine Blutkörperchen; sie sind defshalb auch schwerer aufzufinden, und man kann daher sogar bezweifeln, ob es auch nur Kanälchen sind. Allein der unmittelbare Uebergang in gewöhnliche Kapillargefäfse läfst sich doch deutlich nachweisen, und in die gröbern dringen auch wirklich Blutkörperchen ein. Wenn es also

wirkliche Kapillargefäfse sind, so können sie entweder gewöhnliche Kapillargefäfse im kontrahirten Zustande, oder sie müssen eine Entwickelungsstufe derselben sein. Ist es nun aber schon schwer denkbar, dafs sich ein Kapillargefäfs bis beinahe zur Feinheit eines Zellgewebefadens soll zusammenziehen können, so läfst sich diese Annahme gar nicht durchführen bei den blinden Aesten, welche kein anderes Kapillargefäfs erreichen, wie bei d. Man könnte nun aber zugeben, dafs diese Form der Kapillargefäfse zwar eine Entwickelungsstufe ist, aber nicht in der oben geschilderten Weise, sondern so, dafs aus den vorhandenen Kapillargefäfsen Aeste hervorwachsen, die sich wieder weiter verästeln. Dem Einwurfe, dafs dadurch die verschiedene Dicke dieser Kapillargefäfse an verschiedenen Stellen nicht erklärt wird, liefse sich durch die Annahme begegnen, dafs diefs durch die umgebende Substanz bedingt sein könnte. Defshalb ist es nothwendig, die primären Kapillargefäfszellen vor ihrer Verbindung mit wirklichen Kapillargefäfsen zu beobachten. Es kommen nun allerdings im Schwanze der Froschlarven eine Menge sternförmiger Zellen vor. Sie liegen unter dem Epithelium und unter den Pigmentzellen im Niveau der Kapillargefäfse, sind kleiner als die Pigmentzellen, enthalten kein Pigment, sondern eine farblose oder blafsgelbliche Substanz; sie schikken bald mehr, bald weniger Fortsetzungen nach verschiedenen Seiten ab, die aber gewöhnlich nur kurz sind und gewöhnlich nicht mit den Fortsetzungen anderer in Verbindung treten. Ihre Form steht in keinem Zusammenhange mit der Form der höher liegenden Pigmentzellen, so dafs, wenn diese auch alle nur nach zwei Seiten hin Fortsetzungen ausschicken, wie diefs bei vielen Larven der Fall ist, diese Zellen doch mehrere Fortsetzungen nach verschiedenen Seiten hin zeigen. Aus diesen Gründen können es keine jüngere Pigmentzellen sein. Solche Aeste der Kapillargefäfse, wie bei d, scheinen nun zuweilen mit einer solchen sternförmigen Zelle sich zu verbinden, und defshalb könnte man die übrigen für junge Kapillargefäfszellen halten, bei

denen aber eine solche Vereinigung noch nicht eingetreten ist. Allein diese Verbindungen sind nicht evident genug, als dafs ich sie sicher behaupten möchte. Auch kommen diese sternförmigen Zellen in allzugrofser Menge und in jedem Alter der Larven vor. Man könnte zwar sagen, dafs diese Zellen, als auf einer tiefern Stufe stehend, mehr indifferent sind, dafs aus einigen sich Kapillargefäfse entwickeln, andere ohne diese Entwickelung fortexistiren und die Stelle der Zellgewebezellen vertreten. Allein diefs wäre etwas sehr Hypothetisches, und ich will defshalb diese Zellen nicht als Beweis für die Existenz primärer Kapillargefäfszellen anführen. Die über diesen Punkt im Schwanze der Froschlarven unsichere Beobachtung scheint sich aber an bebrüteten Hühnereiern ergänzen zu lassen.

4) Bringt man die Keimhaut eines etwa 36 Stunden bebrüteten Hühnereies, in dem die begonnene Bildung von rothem Blut schon deutlich zu erkennen ist, unter das Mikroskop und untersucht die area pellucida bei 450facher Vergröfserung, so sieht man darin Kapillargefäfse, die sich durch ihre gelblich-röthliche Farbe deutlich unterscheiden lassen. Es hat mir in der gegenwärtigen Jahreszeit während der Mauserzeit der Hühner trotz wiederholter Versuche nicht gelingen wollen, Eier soweit zu bebrüten, so dafs ich nur aus der Erinnerung eine schematische Darstellung dieser Kapillargefäfse geben kann, wie ich sie im Anfange dieses Jahres beobachtet habe (siehe Tab. IV, Fig. 12). An einigen Stellen sind die Kapillargefäfse vollständig und hängen mit den gröfsern Gefäfsen zusammen; an andern verhalten sie sich ungefähr wie die Figur zeigt, und wie es oben nach Beobachtungen an dem Schwanze junger Froschlarven erläutert wurde. Aufser diesen ein Netz ungleichmäfsig dicker Kanälchen bildenden Kapillargefäfsen, von denen auch blinde Aeste abgehen, kommen noch einzelne unregelmäfsige Körperchen, wie h und i vor, die mit dem Netz nicht zusammen zu hängen scheinen. Diese schicken nach verschiedenen Seiten hin blinde Fortsätze von verschiedener Form aus, so dafs sie wie stern-

förmige Zellen aussehen. Sie sind gelb-röthlich gefärbt, wie die wirklichen Kapillargefäfse, und diefs erweckt schon die Vermuthung, dafs sie im Entstehen begriffene Kapillargefäfszellen sind. Diefs wird um so wahrscheinlicher, da man einzelne solcher Körperchen sieht, z. B. k, die schon mit den wirklichen Kapillargefäfsen zusammenhängen. Man kann also wenigstens mit hoher Wahrscheinlichkeit diese Körperchen als die primären Kapillargefäfszellen betrachten, und dann würde die obige Darstellung über die Bildung der Kapillargefäfse die richtige sein. Die Bildung der Kapillargefäfse und des Blutes würde also in der Keimhaut auf folgende Weise vor sich gehen: Unter den Zellen, woraus die Keimhaut besteht, bilden sich einige in gewissen Entfernungen von einander gelegene, durch Verlängerung nach verschiedenen Seiten hin zu sternförmigen Zellen, den primären Kapillargefäfszellen, aus. Die Verlängerungen verschiedener Zellen stofsen auf einander, verwachsen, die Scheidewände werden resorbirt, und so entsteht ein Netz sehr ungleichmäfsig dicker Kanälchen, indem die Verlängerungen der primären Zellen viel dünner sind, als die Zellenkörper. Diese Verlängerungen oder Verbindungsgänge der Zellenkörper dehnen sich aber aus, bis sie unter einander und mit den durch das Wachsthum sich verengenden Zellenkörpern gleiche Dicke haben, bis sie also ein Netz gleich dicker Kanälchen bilden. Die Blutflüssigkeit ist der Inhalt sowohl der primären, als der verschmolzenen oder sekundären Kapillargefäfszellen, und die Blutkörperchen sind junge Zellen, die sich in der Höhle der Kapillargefäfszellen bilden.

So hätten wir also auch in dieser letzten Klasse, welche die für das Thierreich in ihren Funktionen am meisten charakteristischen Gewebe umfafst, dasselbe Entwickelungsprinzip wie in den übrigen Klassen wiedergefunden: auch diese Gewebe bilden sich dadurch, dafs zunächst Zellen entstehen, wie in allen andern Geweben, und dafs diese Zellen sich in die Elementartheile dieser Gewebe umwan-

deln. Die Elementarzellen erleiden aber in dieser Klasse bei ihrer Umwandlung wesentlichere Veränderungen, als bei einer der vorigen Klassen. Sie bleiben nicht nur, wie in den beiden ersten Klassen, nicht selbstständig, d. h. mit einer besondern Höhle und besonderer Wand versehen, es tritt nicht nur, wie in der dritten Klasse, eine Verschmelzung der Wände benachbarter Zellen ein, sondern durch Resorption der verschmolzenen Zwischenwände mehrerer Zellen fliefsen auch die Höhlen verschiedener Zellen zusammen, so dafs die primären Zellen als etwas Besonderes zu existiren vollständig aufhören. Es ist gewissermafsen der entgegengesetzte Prozefs von dem, was in der vierten Klasse eintrat, wo aufser der Verlängerung der Zellen ein Zerfallen in viele, wahrscheinlich hohle Fasern, eine Art Theilung der Zellen Statt fand. Der Typus der Umwandlung der primären Zellen, wie er bei den Nerven, Muskeln und Kapillargefäfsen vorkommt, ist aber nicht durchaus auf diese Klasse beschränkt, sondern zeigte sich auch schon in frühern Klassen, und selbst bei den Pflanzen. Als Beispiele wurden schon oben einige Pigmentzellen, und als vollkommene Analogie unter den Pflanzen die von Meyen beobachtete Entstehung der Bastzellen angeführt.

Durch eine solche vollständige Verschmelzung mehrerer Zellen geht allerdings die Selbstständigkeit jeder einzelnen primären Zelle verloren, nicht aber der Charakter als Zelle überhaupt. Es bildet sich vielmehr aus mehrern einzelnen primären Zellen Eine sekundäre Zelle, welche die volle Bedeutung Einer Zelle und zwar einer selbstständigen hat. Bei den Muskeln und Nerven bildet jede einzelne sekundäre Zelle ein geschlossenes Ganze, und der Unterschied zwischen Zellenmembran und Zelleninhalt oder sekundärer Ablagerung scheint durch das ganze Leben zu bleiben. Durch die Nerven wird es auf diese Weise bewirkt, dafs jeder Theil des Körpers mit den Centraltheilen des Nervensystems durch eine einzige ununterbrochene Zelle in Verbindung steht. Die einzelnen Theile

des Körpers stehen aber noch durch eine andere Art ununterbrochener sekundärer Zellen unter einander in Verbindung, nämlich durch die Kapillargefäfse. Das Kapillargefäfssystem, entstanden aus vielen primären Zellen, bildet eine einzige sekundäre Zelle. Die Höhle dieser sekundären Zelle öffnet sich in die Höhle der grofsen Gefäfse. Es bedarf noch einer Untersuchung, ob diese als blofse Erweiterungen von Kapillargefäfsen, oder ob sie blofs durch die Aneinanderfügung anderer Elementartheile entstehen. Im letzteren Falle würden sich die Kapillargefäfse in eine Höhle öffnen, die für sie etwas Aeufseres wäre, wie wenn sich eine Pflanzenzelle in einen Intercellularraum öffnete. Obgleich solche Fälle selten sind, so kommt es doch vor, dafs die Höhle einzelner Pflanzenzellen sich geradezu nach aufsen öffnet.

Wie nun in dieser Klasse ein primitives Muskelbündel, eine Nervenfaser und ein Kapillargefäfs einander entsprechende Bildungen sind, so kann man auch diese Gebilde mit den Elementartheilen der übrigen Gewebe vergleichen. Die Elementarzellen entsprechen einander in allen Geweben, da sie überall nach denselben Gesetzen sich bilden. Ein Blutkörperchen, eine Epitheliumzelle, eine Knorpelzelle, eine Elementarzelle des Zellgewebes, also auch ein sich daraus bildendes Bündel von Zellgewebefasern entsprechen einer Elementarzelle der Muskeln u. s. w. Ein ganzes Muskelprimitivbündel oder eine sekundäre Muskelzelle oder eine Nervenfaser hat kein Analogon unter den Hauptbestandtheilen der früheren Gewebe, da hier die Bildung sekundärer Zellen nur ausnahmsweise vorkommt. Ein Muskelbündel ist daher verschieden von einem Zellgewebebündel, und eine Primitivfaser des Zellgewebes hat gar keine Analogie mit einer primitiven Muskelfaser.

III. Abschnitt.

Rückblick auf die vorige Untersuchung. Der Zellenbildungsprozefs. Theorie der Zellen.

Wir haben uns bisher mit der detaillirten Untersuchung über die Bildungsweise der einzelnen Gewebe aus Zellen, mit der Entwickelungsart der einzelnen Zellen und der Vergleichung der verschiedenen Zellen untereinander beschäftigt. Wir müssen uns nun über all' dieses Detail erheben, um die Untersuchung in ihren gröfsern Umrissen zu überblicken und den Gegenstand in seinen tieferen Beziehungen auffassen zu können. Als nächster Zweck der Untersuchung wurde oben die Nachweisung der Uebereinstimmung der Elementartheile der Thiere mit den Pflanzenzellen aufgestellt. Der Ausdruck „pflanzenähnliches Leben" ist aber so vieldeutig, dafs er fast mit gefäfslosem Wachsthum gleichbedeutend genommen wird, und es wurde defshalb oben pag. 8 diese nachzuweisende Uebereinstimmung dahin erklärt, dafs gezeigt werden müsse, dafs die Elementartheile der Thiere und Pflanzen Produkte derselben bildenden Kraft seien, weil sie sich unter gleichen Erscheinungen entwickeln; dafs ein gemeinsames Bildungsprinzip allen Elementartheilen der Thiere und Pflanzen zu Grunde liege. Nachdem wir jetzt die Entstehung der einzelnen Gewebe verfolgt haben, wird es leichter sein, den Sinn dieser Art von Parallelisirung verschiedener Elementartheile klar aufzufassen, und wir müssen uns dabei etwas länger verweilen, nicht nur weil es die Grundidee der Untersuchung ist, sondern weil alle physiologischen Fol-

gerungen von der richtigen Auffassung dieses Prinzips abhängen.

Fafst man die organische Natur, Thiere und Pflanzen, als ein Ganzes im Gegensatz zur anorganischen auf, so finden wir alle Organismen und alle einzelnen Organe derselben nicht als kompakte Massen, sondern zusammengesetzt aus zahllosen kleinen Theilchen von bestimmter Form. Die Form dieser Elementartheile ist aber aufserordentlich mannichfaltig, besonders bei den Thieren; bei den Pflanzen sind es meistens oder ausschliefslich Zellen. Diefs schien im Zusammenhange zu stehen mit der bei den Thieren weit mannichfaltigern physiologischen Funktion der Elementartheile, so dafs man den Grundsatz aufstellen konnte, dafs jede Verschiedenheit der physiologischen Bedeutung eines Organs eine Verschiedenheit der Elementartheile erfordere, und man auch umgekehrt aus der Gleichheit zweier Elementartheile auf die gleiche physiologische Bedeutung zu schliefsen berechtigt schien. Unter den sehr verschiedenen Formen der Elementartheile war es sehr natürlich, dafs manche mehr oder weniger einander ähnlich waren, und nach dieser gröfsern oder geringern Formähnlichkeit konnte man sie etwa eintheilen in Fasern, welche bei Thieren die gröfste Masse des Körpers bilden, in Zellen, Röhren, Kugeln u. s. w. Natürlich war diefs nur eine naturhistorische Eintheilung, keine physiologische Begriffsbestimmung, und so verschieden z. B. eine primitive Muskelfeser von einer Zellgewebefaser, so verschieden alle Fasern von den Zellen erschienen, ebenso mufste zwischen den einzelnen Zellenarten ein nur gradweise verschiedener Unterschied statt finden. Es hatte das Ansehn, als ob der Organismus die Moleküle zu den bestimmten Formen, welche seine verschiedenen Elementartheile zeigen, so zusammenfüge, wie es die physiologische Funktion erfordert. Dafs sich jede einzelne Art der Elementargebilde auf eine bestimmte und bei physiologisch demselben Gebilde überall gleiche Weise entwickele, durfte man voraussetzen, und diese Entwicklungsweise war auch schon bei den Muskel-

fasern, den Blutkörperchen, dem Ei (siehe den Nachtrag), den Epitheliumzellen mehr oder weniger vollständig bekannt. Allein die Ausdehnung der einmal ihrer Form nach gebildeten Elementartheile schien hier das einzige allen Gemeinsame zu sein. Die Art, wie sich die verschiedenen Elementartheile zuerst bilden, schien dabei sehr verschieden. Bei den Muskelfasern waren es Kügelchen, die sich reihenweise aneinanderlegen und zu einer Faser verschmelzen, die dann in der Richtung der Länge weiter wächst. Bei den Blutkörperchen war es ein Kügelchen, um das sich ein Bläschen bildet, welches weiter wächst; bei dem Ei war es ein Kügelchen, um welches sich ein Bläschen entwickelt, welches wächst, und um welches sich ein zweites weiterwachsendes Bläschen bildet.

Die Untersuchungen von Schleiden klärten den Bildungsprozefs der Pflanzenzellen auf's Herrlichste auf, und zwar schien dieser Bildungsprozefs bei allen Pflanzenzellen derselbe. Betrachtete man also das Pflanzenreich als etwas Besonderes, ganz getrennt vom Thierreich, so hatte man hier ein gemeinsames Entwicklungsprincip für alle Elementartheile des pflanzlichen Organismus, und es liefsen sich daraus die physiologischen Folgerungen über das selbstständige Leben der einzelnen Pflanzenzellen u. s. w. ziehen. Betrachtete man aber die Elementartheile der Thiere und Pflanzen unter einem gemeinsamen Gesichtspunkte, so erschienen die Pflanzenzellen nur als eine einzelne Spezies, koordinirt den verschiedenen Spezies thierischer Zellen, so wie die ganze Gattung Zellen den Fasern u. s. w. koordinirt war, und das gleiche Entwicklungsprinzip der Pflanzenzellen liefs sich durch die geringe physiologische Verschiedenheit der Elementartheile der Pflanzen erklären.

Das Thema der vorliegenden Untersuchung war nun, zu zeigen, dafs bei der Bildung der Elementartheile der Organismen die Moleküle nicht auf eine Weise zusammengefügt werden, welche nach der physiologischen Bedeutung der Elementartheile verschieden ist, sondern dafs sie überall nach denselben Gesetzen sich aneinanderlegen, so dafs, mag sich

eine Muskelfaser, eine Nervenröhre oder ein Ei oder ein Blutkörperchen bilden sollen, überall zuerst ein Körperchen von bestimmter, nur einigen Modifikationen unterworfener Form, ein Zellenkern, entsteht, um dieses Körperchen sich eine Zelle bildet und erst durch die Veränderungen, welche eine oder mehrere dieser Zellen erleiden, die spätern Formen der Elementartheile entstehen, kurz ausgedrückt, dafs es ein gemeinsames Entwicklungsprinzip für alle Elementartheile der Organismen gibt.

Zum Beweise dieses Satzes war es nothwendig den Entwicklungsgang zweier beliebiger, aber unzweifelhaft physiologisch verschiedener Elementartheile zu verfolgen und miteinander zu vergleichen. Stimmten diese nicht etwa blofs im Wachsthum, wenn sie ihren Bestandtheilen nach schon gebildet sind, sondern auch in ihrer Entstehung vollkommen überein, so war dadurch das Prinzip festgestellt, dafs physiologisch ganz verschiedene Elementartheile sich nach denselben Gesetzen entwickeln können. Diefs war die Aufgabe des ersten Abschnittes. Es wurde dort der Entwicklungsgang der Knorpelzellen und der Zellen der Chorda dorsalis mit dem Entwicklungsgang der Pflanzenzellen verglichen. Entwickelten sich die Pflanzenzellen blofs als unendlich kleine Bläschen, die sich immer mehr ausdehnen, zeigten sie in ihrer Entwicklung nicht so charakteristische Momente, wie die von Schleiden nachgewiesenen, so wäre ein Vergleich in dem Sinne, wie es hier verlangt wird, kaum möglich gewesen. Im ersten Abschnitt wurde nun zu beweisen gesucht, dafs der komplicirte Entwicklungsgang der Pflanzenzellen sich eben so bei den Knorpelzellen und den Zellen der Chorda dorsalis wiederfindet. Es zeigte sich dabei die ähnliche Bildung des Zellenkernes und seiner Kernkörperchen in all seinen Modifikationen mit dem Kern der Pflanzenzellen, die Präexistenz des Zellenkerns und die Bildung der Zelle um denselben, die gleiche Lage des Kerns in Beziehung zur Zelle, das Wachsthum der Zellen und die Verdickung der Zellenwand bei dem Wachsthum, die Bildung von Zel-

len in Zellen und die Umwandlung des Zelleninhaltes, ähnlich wie bei den Pflanzenzellen. Hier fand also eine vollständige Uebereinstimmung in allen bekannten Vorgängen bei der Entwicklung zweier physiologisch ganz verschiedener Elementartheile statt, und es stellte sich somit der Satz fest, dafs das Entwicklungsprincip physiologisch ganz verschiedener Elementartheile dasselbe sein könne und bei diesen zunächst verglichenen Elementartheilen, so viel erkennbar, wirklich dasselbe ist.

Fafst man aber die Sache von diesem Gesichtspunkte auf, so ist man gezwungen, die Allgemeinheit dieses Entwicklungsprinzips nachzuweisen, und diefs war die Aufgabe des zweiten Abschnittes. So lange man nämlich Elementartheile annimmt, die nach ganz anderen Gesetzen entstehen, und deren Entwicklung mit den, zunächst in Bezug auf ihr Entwicklungsprinzip miteinander verglichenen Zellen in keinem Zusammenhange steht, mufs man auch immer noch eine unbekannte Verschiedenheit in den Bildungsgesetzen der zunächst verglichenen Elementartheile vermuthen, wenn sie auch in vielen Punkten übereinstimmen. Je gröfser dagegen die Zahl der, soviel erkennbar, auf gleiche Weise entstehenden, physiologisch verschiedenen Elementartheile ist, je gröfser die Verschiedenheit dieser Elementartheile ihrer Form und physiologischen Bedeutung nach ist, während sie doch in den erkennbaren Vorgängen ihrer Bildungsweise übereinstimmen, um so sicherer kann man annehmen, dafs ein vollständig gleiches Entwicklungsprinzip allen Elementartheilen zu Grunde liegt. Es zeigte sich nun in der That, dafs die Elementartheile der meisten Gewebe, wenn man sie von ihrem ausgebildeten Zustande zu ihrer ersten Entstehung rückwärts verfolgt, nur weitere Entwickelungen von Zellen sind, die, so weit die noch unvollständigen Beobachtungen reichen, selbst auf ähnliche Weise sich zu bilden scheinen, wie die im ersten Abschnitt verglichenen Zellen. Fast überall fanden sich, wie man es nach jenem Prinzip erwarten mufste, ursprünglich die Zellen mit den sehr charakteristischen Zellenkernen ver-

sehen, und zum Theil wurde auch die Praeexistenz dieses Zellenkerns und die Bildung der Zellen um denselben nachgewiesen, und diese Zellen erlitten dann erst die verschiedenen Modifikationen, wodurch sie zuletzt in die verschiedenartigen Formen der Elementartheile der Thiere umgewandelt werden. So löste sich z. B. die scheinbare Verschiedenheit der Entwicklungsweise der Muskelfasern und der Blutkügelchen, wovon erstere durch Aneinanderreihung von Kügelchen, letztere durch Bildung eines Bläschens um ein Kügelchen entstehen, dadurch zu einer Einheit auf, dafs nicht die Muskelfasern den Blutkügelchen koordinirte Elementartheile sind, sondern dafs erst die Kügelchen, woraus die Muskelfasern entstehn, den Blutkörperchen entsprechen, und, wie diese, Bläschen oder Zellen sind, welche den charakteristischen Zellenkern enthalten, der wahrscheinlich auch hier, wie der Kern der Blutkörperchen sich vor der Zelle bildet. Auf analoge, jedoch sehr mannigfaltige Weise bilden sich die Elementartheile aller Gewebe aus Zellen, so dafs man den Grundsatz aufstellen kann: dafs es ein gemeinsames Entwicklungsprinzip für die verschiedensten Elementartheile der Organismen gibt, und dafs die Zellenbildung dieses Entwicklungsprinzip ist. Diefs ist das Hauptresultat der bisher mitgetheilten Beobachtungen.

Derselbe Prozefs der Bildung und Umwandlung von Zellen innerhalb einer strukturlosen Substanz wiederholt sich bei der Bildung aller Organe eines Organismus, so wie bei der Bildung neuer Organismen, und das Grundphänomen, durch welches sich überall die produktive Kraft in der organischen Natur äufsert, ist demnach folgendes: Es ist zuerst eine strukturlose Substanz da, welche entweder innerhalb oder zwischen schon vorhandenen Zellen liegt. In dieser Substanz bilden sich nach bestimmten Gesetzen Zellen, und diese Zellen entwickeln sich auf mannichfaltige Weise zu den Elementartheilen der Organismen.

Die Entwicklung des Satzes, dafs es ein allgemeines Bildungsprinzip für alle organischen Produktionen gibt, und dafs die Zellenbildung dieses Bildungsprinzip ist, und die aus diesem Satze hervorgehenden Folgerungen kann man mit dem Namen der Zellentheorie im weitern Sinne belegen, während wir im engern Sinne unter Theorie der Zellen dasjenige verstehen, was sich aus diesem Satze über die, diesen Erscheinungen zu Grunde liegenden Kräfte schliefsen läfst.

Wenn nun aber auch dieses Prinzip als unmittelbares Resultat der mehr oder weniger vollständigen Beobachtungen als im Allgemeinen richtig hingestellt werden kann, so darf man sich doch einzelne Ausnahmen, oder wenigstens bis jetzt unerklärte Verschiedenheiten nicht verhehlen. Dahin gehört z. B. die Zerfaserung der Zellenwände im Innern der Chorda dorsalis der Knochenfische, von der oben pag. 16 die Rede war. Ferner haben mehrere Beobachter schon auf die faserige Struktur der festen Substanz einiger Knorpel aufmerksam gemacht. Man sieht z. B. in den Rippenknorpeln alter Leute diese Fasern sehr deutlich; jedoch scheinen sie nicht gleichmäfsig durch den Knorpel vertheilt, sondern nur stellenweise vorhanden zu sein; bei neugebornen Kindern sah ich sie gar nicht. Es sieht so aus, als ob hier eine Zerfaserung des vorher strukturlosen Cytoblastems statt fände; doch habe ich keine näheren Untersuchungen darüber angestellt. Auch die Bildung der Markkanälchen in den Knochen ist durch die Beobachtung noch nicht aufgeklärt, und es wurde nur hypothetisch ihre analoge Entstehungsweise mit den Kapillargefässen vermuthet. Die Bildung der Knochenlamellen um diese Kanälchen ist auch eine Erscheinung, wo das Cytoblastem eine bestimmte Form annimmt. Wir werden indessen unten auf eine nicht unwahrscheinliche Erklärung dieses Phänomens zurückkommen. Bei mehreren Drüsen, z. B. bei den Nieren eines jungen Säugethierfötus, ist die das Lumen des Drüsenkanälchens zunächst umgebende Zellenschicht von einer äufserst zarten Membran umgeben

die ein Elementargebilde und nicht aus Zellgewebe zusammengesetzt zu sein scheint. Die Entstehung dieser Membran ist noch nicht klar, obgleich sich verschiedene Wege denken lassen, wie sie mit dem Zellenbildungsprozefs in Uebereinstimmung gesetzt werden kann. (Diese Drüsencylinder scheinen Anfangs ganz mit Zellen ausgefüllt und noch keine freie Höhle zu enthalten. In den Nieren von Schweinembryonen fand ich in den Cylinderchen manche Zellen, die so grofs waren, dafs sie fast die ganze Dicke des Kanälchens ausfüllten. In anderen Cylinderchen war zwar die ihre Wände später bedeckende Zellenschicht gebildet, aber das Lumen von sehr blassen durchsichtigen Zellen gefüllt, die sich durch Kompression am freien Ende des Cylinderchens herauspressen liefsen.)

Diese und ähnliche Erscheinungen mögen einstweilen als Probleme hingestellt bleiben. Obgleich sie die höchste Beachtung verdienen und weitere Untersuchungen erfordern, so wird es doch für den Augenblick erlaubt sein, davon zu abstrahiren, da bei der Aufstellung jedes allgemeinen Prinzips, wie die Geschichte lehrt, im Anfange fast immer Unregelmäfsigkeiten übrig bleiben, deren Entwicklung sich erst später ergibt.

Die Elementartheile der Organismen stehen nun nicht mehr lose nebeneinander als Bildungen, die sich nur ihrer Formähnlichkeit nach naturhistorisch klassifiziren lassen; sie sind durch ein gemeinsames Band, die Gleichheit ihres Bildungsprinzips verbunden, und nach den verschiedenen Modifikationen, in welchen sich dieses äufsert, ist ein Vergleich und eine physiologische Eintheilung derselben möglich. Wir haben im Vorigen bereits die Gewebe nach dieser physiologischen Eintheilung abgehandelt und die verschiedenen Gewebe untereinander verglichen, wobei sich herausstellte, dafs die naturhistorische Zusammenfassung verschiedener, ähnlich geformter Elementartheile nicht sofort einen Schlufs auf ihre physiologische, auf die Gesetze ihrer Entwicklung gegründete Stellung erlaube. So wurde z. B. der naturhistorische Begriff „Zellen“ im Allgemeinen

auch zu einem physiologischen, indem die meisten darunter zusammengefafsten Elementartheile auch ihrem Entwicklungsprinzip nach dasselbe sind; allein es mufsten doch einzelne, z. B. das Keimbläschen, alle hohlen Zellenkerne, so wie die Zellen, deren Wände aus andern Elementartheilen zusammengesetzt werden, davon getrennt werden, obgleich z. B. das Keimbläschen im naturhistorischen Sinne eine Zelle ist. Es entspricht nicht einer Epitheliumzelle, sondern dem Kern einer Epitheliumzelle. Noch auffallender zeigte sich die Verschiedenheit beider Eintheilungsweisen bei den Fasern. Diese entstehen auf die mannichfaltigste Weise, und wie wir sahen, ist eine Zellgewebefaser wesentlich verschieden von einer Muskelfaser, während dagegen ein ganzes primitives Muskelbündel seiner Entstehung nach dasselbe ist, wie eine Nervenfaser u. s. w. Durch das Vorhandensein eines gemeinsamen Entwicklungsprinzips für alle Elementartheile der Organismen wird ein neuer Theil der allgemeinen Anatomie begründet, den man den philosophischen Theil derselben nennen könnte, dessen Aufgabe ist: 1) die allgemeinen Entwicklungsgesetze der Elementartheile der Organismen nachzuweisen. 2) die verschiedenen Elementartheile nach dem allgemeinen Entwicklungsprinzip zu deuten und miteinanweder zu vergleichen.

Ueberblick des Zellenlebens.

Die bisherige Untersuchung hat uns zu dem Entwicklungsprinzip der Elementartheile der Organismen geleitet, indem wir diese Elementartheile aus ihrem vollendeten Zustande zu ihren früheren Entwicklungstufen zurück verfolgten. Wir wollen jetzt von dem Entwicklungsprinzip ausgehend die Elementartheile im erwachsenen Zustande rekonstruiren, um so übersichtlich die Gesetze zusammenfassen zu können, nach welcher die Bildung der Elementartheile vor sich geht. Wir haben daher hier zu betrachten: 1) das Cytoblastem. 2) die Gesetze, nach welchem sich neue Zellen in dem Cytoblastem erzeugen. 3) den Bildungsprozefs der Zellen selbst. 4) die man-

nigfaltige Entwicklungsweise der Zellen zu den Elementartheilen der Organismen.

Cytoblastem. Das Cytoblastem oder die strukturlose Substanz, in der sich neue Zellen bilden sollen, findet sich entweder in schon vorhandenen Zellen als Zelleninhalt, oder zwischen den Zellen als Intercellularsubstanz. Hier soll nur von dem Cytoblastem die Rede sein, welches aufser den vorhandenen Zellen liegt, da wir den Zelleninhalt später zu betrachten haben. Dieses ist in sehr verschiedener Quantität vorhanden, bald in so geringer Menge, dafs es zwischen den erwachsenen Zellen nicht mit Sicherheit erkannt werden kann, und nur zwischen den jüngsten Zellen beobachtet werden kann, z. B. in der zweiten Klasse der Gewebe, bald ist es in so grofser Menge vorhanden, dafs die darin entstehenden Zellen sich gar nicht berühren, z. B. in den meisten Knorpeln. Das Cytoblastem ist nicht überall in seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften dasselbe. Bei den Knorpeln ist es sehr konsistent und gehört zu den festesten Theilen des Körpers, beim Zellgewebe ist es gallertartig, beim Blut ist es ganz flüssig. Diese physikalischen Unterschiede setzen auch eine chemische Verschiedenheit voraus. Das Cytoblastem des Knorpels verwandelt sich durch Kochen in Leim, was das Blut nicht thut, und auch der Schleim, in dem sich die Schleimzellen bilden, ist von dem Cytoblastem der Blut- und der Knorpelzellen verschieden. Das Cytoblastem aufser den vorhandenen Zellen scheint ähnlichen Veränderungen unterworfen, wie der Zelleninhalt; es ist in der Regel eine homogene Substanz; doch kann es auch durch eine chemische Umwandlung feinkörnig werden, z. B. beim Zellgewebe und bei den Zellen des Federschaftes u. s. w. In der Regel nimmt seine Quantität mit der Entwicklung der Zellen relativ ab; doch scheint bei den Knorpeln mit dem Wachsthume des Gewebes auch eine relative Vermehrung des Cytoblastems statt haben zu können. Was das physiologische Verhältnifs des Cytoblastems zu den Zellen anbelangt, so kann dasselbe ein doppeltes

sein: erstens mufs es den Nahrungsstoff für die Zellen enthalten, zweitens mufs es auch wenigstens theilweise dasjenige enthalten, was von diesem Nahrungsstoff übrig bleibt, wenn die Zellen das zu ihrem Wachsthume Nothwendige aus diesem Nahrungsstoffe ausgezogen haben. Das Cytoblastem erhält den neuen Nahrungsstoff bei den Thieren aus den Blutgefäfsen, bei den Pflanzen vorzugsweise durch die langgestreckten Zellen und die Gefäfsbündel; doch gibt es auch viele Pflanzen, welche aus einfachen Zellen bestehen, so dafs auch eine Fortleitung der Nahrungsflüssigkeit durch die einfachen Zellen statt haben mufs, und überhaupt sind ja auch Blutgefäfse und Gefäfsbündel nur Modifikationen von Zellen.

Gesetze für die Entstehung neuer Zellen in dem Cytoblastem. In jedem Gewebe, welches aus einer bestimmten Art von Zellen besteht, bilden sich die neuen Zellen derselben Art nur da, wo zunächst der frische Nahrungsstoff in das Gewebe eindringt. Hierauf beruht der Unterschied zwischen organisirten, d. h. gefäfshaltigen und nicht organisirten, d. h. gefäfslosen Geweben. Bei den organisirten Geweben ist die Nahrungsflüssigkeit, der Liquor sanguinis, vermittelst der Gefässe durch das ganze Gewebe verbreitet, daher entstehen hier die neuen Zellen in der ganzen Dicke des Gewebes. Bei den gefäfslosen Geweben dagegen, z. B. der Epidermis wird die Nahrungsflüssigkeit nur von unten dem Gewebe zugeführt, und defshalb entstehn die neuen Zellen nur unten, da nämlich, wo das Gewebe mit der organisirten Substanz in Verbindung ist. Ebenso entstehen beim Knorpel in der frühern Periode, wo er noch gefäfslos ist, die neuen Knorpelzellen nur ringsum an seiner Oberfläche oder wenigstens in deren Nähe, weil hier der Knorpel mit der organisirten Substanz in Verbindung ist, also von aufsen das Cytoblastem eindringt. Man kann sich diefs leicht vorstellen, wenn man annimmt, dafs zur Bildung neuer Zellen ein konzentrirteres Cytoblastem erforderlich ist, als zum Wachsthum der schon gebildeten. Bei der Epidermis z. B. mufs das Cytoblastem unten konzentrirtern Nahrungsstoff

enthalten. Wenn sich nun hier junge Zellen bilden, so ist das Cytoblastem, welches in die obern Schichten eindringt, weniger konzentrirt und kann deſshalb wohl noch zum Wachsthum der gebildeten Zellen, aber nicht zur Erzeugung neuer Zellen hinreichen. Hierin liegt der Unterschied, den man früher zwischen einem Wachsthum durch Appositio und durch Intussusceptio machte: der Ausdruck „Wachsthum durch Appositio" ist richtig, wenn man ihn auf die Entstehung neuer Zellen, nicht auf das Wachsthum der vorhandenen bezieht: die neuen Zellen z. B. bei der Epidermis bilden sich allerdings nur an der untern Fläche der Epidermis und werden nach oben geschoben, wenn sich unter ihnen wieder neue bilden; bei den organisirten Geweben aber entstehen die neuen Zellen in der ganzen Dicke des Gewebes. In beiden Fällen aber wachsen die einzelnen Zellen durch Intussusception. Die Knochen befinden sich gewissermaſsen auf einem Mittelzustande zwischen organisirten und nicht organisirten Geweben. Der Knorpel ist Anfangs gefäſslos und die neuen Zellen bilden sich daher nur in der Nähe der äuſsern Oberfläche; später erhält er Gefäſse, die in den Markkanälchen verlaufen, die aber nicht zahlreich genug sind, daſs dadurch das ganze Gewebe gleichmäſsig mit Blutflüssigkeit durchdrungen werden kann, was auſserdem auch durch die gröſsere Festigkeit des Knorpels und Knochens erschwert werden muſs. Nach dem obigen Gesetze kann nun die Bildung von neuem Cytoblastem und neuen Zellen theils auf der Oberfläche des Knochens, theils rings um diese Markkanälchen statt finden. Nimmt man nun an, daſs dieſs wegen der Festigkeit der Knochensubstanz in Schichten geschieht, die nicht vollständig untereinander verschmelzen, so erklärt sich die Struktur des Knochens sehr einfach. Er muſs aus einem doppelten Schichtensystem bestehen, von denen das eine konzentrisch um jedes Markkanälchen, das andere konzentrisch mit der äuſsern Oberfläche des Knochens ist. Ist der Knochen hohl, so müssen die Schichten auch konzentrisch um diese Höhle sein; und sind

statt der Markkanälchen kleine Markhöhlen vorhanden, wie in den spongiösen Knochen, so müssen die Schichten auch konzentrisch um diese Höhlen sein. Auf demselben Gesetze beruht auch der Unterschied im Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Bei den Pflanzen wird die Nahrungsflüssigkeit nicht so gleichmäfsig im ganzen Gewebe vertheilt, wie in den organisirten thierischen Geweben, sondern mehr nach Art der Knochen durch einzelne, weit von einander entfernt liegende Gefäfsbündel. Man sieht daher auch diese Gefäfsbündel ringsum mit kleinen, wahrscheinlich jüngern Zellen umgeben, so dafs auch hier die Bildung der neuen Zellen wahrscheinlich um diese Gefäfsbündel stattfindet, wie bei den Knochen um die gefäfshaltigen Markkanälchen. In dem Stamm der Dikotyledonen findet die Leitung des Saftes zwischen Rinde und Holz statt, und defshalb bilden sich die neuen Zellen nur schichtenweise konzentrisch um die Schichten des vorigen Jahres. Die verschiedene Art des Wachsthums, ob die neuen Zellen sich blofs an einzelnen Stellen des Gewebes oder in dessen ganzer Dicke gleichmäfsig entwickeln, ist also überall kein primärer Unterschied, sondern Folge der verschiedenen Art der Zuleitung der ernährenden Flüssigkeit.

Eine Ausnahme von dem hier aufgestellten Gesetz scheint auf den ersten Blick statt zu finden, wenn sich in der Dicke eines gefäfslosen Gewebes, z. B. eines noch gefäfslosen Knorpels, Zellen anderer Art bilden, z. B. Fettzellen. Allein diefs ist nur scheinbar eine Ausnahme; man kann es sich auf doppelte Weise erklären, entweder dadurch, dafs das Cytoblastem für diese Art Zellen erst auf einer gewissen Entwicklungsstufe der Hauptzellen des Gewebes von diesen gebildet wird, oder dadurch, dafs das in die Tiefe des Gewebes eindringende Cytoblastem den Nahrungsstoff für die Hauptzellen des Gewebes in weniger konzentrirtem Zustande enthält, während der Nahrungsstoff für die andere Art Zellen noch konzentrirt darin bleibt.

Nach Schleiden kommt es bei den Pflanzenzellen niemals vor, dafs sich neue Zellen in der Intercellularsub-

stanz bilden; bei den Thieren dagegen ist die Bildung von Zellen in Zellen der seltenere Fall, kommt aber selbst in der Art vor, dafs sich eine drei bis vierfache Generation nacheinander in einer Zelle bilden kann. So scheint nach den Beobachtungen von R. Wagner (S. den Nachtrag) das Graaf'sche Bläschen eine Elementarzelle; in ihm entwickelt sich das Ei ebenfalls als eine Elementarzelle; in diesem entstehen wenigstens nach Beobachtungen am Vogelei wieder Zellen, von denen einige wieder junge Zellen enthalten. Auch bei den Knorpelzellen scheint zuweilen eine Bildung wahrer Knorpelzellen in den schon vorhandenen erfolgen zu können, und in diesen können wieder junge Zellen (Fettzellen?) entstehen. Aehnliche Beispiele liefsen sich noch mehrere anführen; allein schon bei den Knorpeln entstehen bei weitem die meisten Zellen in dem Cytoblastem aufser den vorhandenen Zellen, und eine Bildung von Zellen in Zellen kommt bei den Faserzellen, den Muskeln und Nerven gar nicht vor.

Allgemeine Erscheinungen der Bildung der Zellen. In dem Anfangs strukturlosen oder feinkörnigen Cytoblastem zeigen sich nach einiger Zeit runde Körperchen. Diese sind entweder in ihrem frühesten Zustande, wo sie sich erkennen lassen, schon Zellen, d. h. hohle mit einer eigenthümlichen strukturlosen Wand versehene Bläschen, kernlose Zellen, oder es sind nicht sofort Zellen, sondern Zellenkerne oder Anfänge der Zellenkerne um die sich erst später Zellen bilden.

Die kernlosen Zellen oder, richtiger ausgedrückt, die Zellen, in denen bis jetzt noch keine Kerne beobachtet worden sind, kommen nur bei niederen Pflanzen vor und sind auch bei Thieren selten. Gegenwärtig müssen indessen die jungen Zellen innerhalb der alten Zellen der Chorda dorsalis (S. pag. 15), die Zellen der Dottersubstanz des Vogeleies (S. pag. 56), die Zellen im Schleimblatt der Keimhaut des Vogeleies (S. pag. 66), einige Zellen der Krystalllinse (S. pag. 100) als solche dahin gestellt bleiben. Tab. I. Fig. 10. c stellt eine solche kernlose Zelle

dar. Hier findet also nur ein Wachsthum statt, wie es bei den kernhaltigen Zellen geschieht, nachdem die Zellenmembran gebildet ist.

Der bei weitem gröfste Theil des thierischen Körpers, wenigstens neun und neunzig Hundertel aller Elementartheile des Säugethierkörpers wird aus kernhaltigen Zellen gebildet.

Der Zellenkern ist ein Körperchen von sehr charakteristischer Form, durch welche er in der Regel leicht erkennbar ist. Er stellt entweder ein rundes oder ovales, sphärisches oder plattes Körperchen dar. Seine mittlere Gröfse bei der Mehrzahl der thierischen Zellen im ausgebildeten Zustande mag etwa 0,0020 — 0,0030‴ betragen; doch kommen auch weit gröfsere und weit kleinere Kerne vor. Der gröfste Zellenkern möchte wohl das Keimbläschen des Vogeleies sein; Beispiele sehr kleiner Zellenkerne liefern die Kerne der Blutkörperchen warmblütiger Thiere. Diese letzteren brauchten nur wenig kleiner zu sein, um der Beobachtung ganz zu entgehen, so dafs diese Blutkörperchen dann als kernlose Zellen erscheinen würden. An diesen sehr kleinen Zellenkernen läfst sich weiter nichts mehr unterscheiden und die charakteristische Form der Kerne nicht mehr nachweisen. Der Kern gröfserer Blutkörperchen dagegen ist deutlich als Zellenkern zu erkennen.

Der Zellenkern ist in der Regel dunkel, granulös, oft etwas gelblich; doch kommen auch ganz wasserhelle, glatte Zellenkerne vor. Der Kern ist entweder solid und aus einer mehr oder weniger feinkörnigen Masse zusammengesetzt, oder er ist hohl. Die meisten Kerne thierischer Zellen zeigen eine mehr oder weniger deutliche Spur einer Höhlung, wenigstens in der Art, dafs gewöhnlich die äufsere Kontur des Kerns etwas dunkler ist, und die Substanz des Kerns hier etwas dichter scheint. Oft z. B. an den Kernen in den Knorpelzellen der Kiemenknorpel der Froschlarven erkennt man die Ausbildung des Kerns zu einem evidenten Bläschen deutlich, als eine weitere Entwicklungsstufe in der Art, dafs der Kern Anfangs solide erscheint

und später bei seinem Wachsthum deutlich hohl wird. An den hohlen Zellenkernen unterscheidet man die Membran des Zellenkerns und seinen Inhalt. Die Membran ist glatt, strukturlos, nie von bedeutender Dicke, indem sie z. B. beim Keimbläschen am dicksten sein dürfte. Der Inhalt des Zellenkerns ist entweder sehr feinkörnig, besonders bei den kleinen hohlen Zellenkernen oder wasserhell, z. B. beim Keimbläschen oder bei den gröſsern Kernen in den Zellen der Kiemenknorpel von Froschlarven, oder es können sich auch gröſsere Körperchen im Inneren hohler Zellenkerne später bilden, z. B. die zahllosen Körperchen im Keimbläschen der Fische, oder Fetttröpfchen in dem Kern der Fettzellen in der Schädelhöhle der Fische.

Innerhalb des Kerns liegen meistens noch ein oder zwei, viel seltener drei oder vier kleine dunkle Körperchen, die Kernkörperchen. Ihre Gröſse schwankt von der eines kaum unterscheidbaren Punktes bis zu der eines Wagner'schen Fleckes im Keimbläschen. In einigen Zellenkernen sind gar keine Kernkörperchen mit Bestimmtheit zu unterscheiden. Sie unterscheiden sich dadurch von den gröſsern Körperchen, die sich in einzelnen hohlen Zellenkernen später bilden können, daſs sie am frühesten selbst vor dem Zellenkern gebildet werden. Sie liegen an den runden Zellenkernen excentrisch und bei den hohlen Zellenkernen deutlich an der innern Wandfläche des Kerns. Ihre Natur ist schwer zu ermitteln; sie mag auch sehr verschieden sein in verschiedenen Zellen. In dem Kern der Fettzellen der Schädelhöhle der Fische scheinen sie zuweilen sich stark vergröſsern zu können, und haben dann oft das Ansehen von Fett. Nach Schleiden kommt es bei Pflanzen auch vor, daſs die Kernkörperchen selbst noch hohl sind.

Die meisten Zellenkerne haben das miteinander gemein, daſs sie durch Essigsäure nicht, wenigstens nicht schnell aufgelöst und nicht durchsichtig werden, während die meisten Zellenmembranen thierischer Zellen sehr empfindlich gegen Essigsäure sind. In einigen Zellen, z. B.

in den Zellen der Dotterhöhle des Vogeleies, S. Tab. II. Fig. 3., in denen ein Kern von der gewöhnlichen Form nicht zu erkennen ist, kommt ein Kügelchen vor, welches wie ein Fettkügelchen aussieht, mit der Zelle, jedoch nur in schwächern Verhältnisse, wächst, vielleicht auch vor der Zelle sich bildet. Es mufs noch dahin gestellt bleiben, ob diefs die Bedeutung eines Kerns hat oder nicht.

Was nun die Entstehung des Zellenkerns anbelangt, so bildet sich nach Schleiden bei den Pflanzen das Kernkörperchen zuerst und um dieses der Kern. Bei den Thieren scheint dasselbe der Fall zu sein. Nach den Beobachtungen von R. Wagner über die Entwicklung der Eier im Eierstock von Agrion virgo (Siehe Wagner Beiträge zur Geschichte der Zeugung und Entwicklung. Erster Beitrag. Tab. II. Fig. 1.), bildet sich der Keimfleck zuerst, und um diesen das Keimbläschen, welches der Kern der Eizelle ist (S. den Nachtrag). Das a. a. O. von R. Wagner abgebildete jüngste Keimbläschen scheint schon hohl. Diefs ist aber nicht der gewöhnliche Fall bei der Entstehung der Zellenkerne. Tab. III. Fig. 1. e scheint ein in der Entstehung begriffener Zellenkern einer Knorpelzelle zu sein. Man sieht dort ein kleines rundes Körperchen und um dasselbe liegt etwas feinkörnige Substanz, während das übrige Cytoblastem des Knorpels homogen ist. Diese feinkörnige Substanz verliert sich allmälig nach aufsen; erst später wird sie scharf abgegrenzt und zeigt dann die Form eines Zellenkerns, der nun noch eine Zeit lang wächst. S. Tab. III. Fig. 1. a, b. Ein solcher Zellenkern sieht Anfangs gewöhnlich solid aus, und viele Kerne bleiben auf dieser Stufe; bei andern dagegen wird der am meisten nach aufsen gelegene Theil der Substanz des Zellenkerns immer dunkler, und nicht selten zuletzt zu einer bestimmt unterscheidbaren Membran, so dafs dann der Zellenkern hohl ist. Darnach kann man sich also den Bildungsprozefs des Zellenkerns so vorstellen. Es wird zuerst ein Kernkörperchen gebildet; um dieses schlägt sich eine Schichte gewöhnlich feinkörniger Substanz nieder, die

aber nach aufsen noch nicht scharf begrenzt ist. Indem nun zwischen die vorhandenen Moleküle dieser Schichte immer neue Moleküle abgelagert werden, und zwar nur in bestimmter Entfernung von dem Kernkörperchen grenzt sich die Schichte nach aufsen ab, und es entsteht ein mehr oder weniger scharf begrenzter Zellenkern. Der Kern wächst durch fortgesetzte Ablagerung neuer Moleküle zwischen die vorhandenen, durch Intussusceptio. Geschieht diese gleichmäfsig in der ganzen Dicke der Schichte, so kann der Kern solid bleiben; geschieht sie stärker im äufsern Theil der Schichte, so wird dieser stärker verdichtet, und kann zu einer Membran erhärten, und dafs sind die hohlen Zellenkerne. Dafs die Schichte in ihrem äufsern Theil sich gewöhnlich stärker verdichtet, kann man sich daraus erklären, weil der Nahrungsstoff von aufsen zugeführt wird, derselbe also im äufsern Theil der Schichte konzentrirter ist. Ist nun der Absatz der neuen Moleküle zwischen die Moleküle dieser Membran so, dafs er stärker erfolgt zwischen die nach der Fläche der Membran nebeneinanderliegenden, als zwischen die nach der Dicke derselben hintereinanderliegenden Moleküle, so mufs diese Membran an Ausdehnung stärker als an Dicke wachsen, daher zwischen ihr und den Kernkörperchen ein immer gröfserer Zwischenraum entstehn, wobei denn die Kernkörperchen an einer Seite an der Innenfläche der Membran ankleben bleiben.

Ueber die Entstehung der Kerne mit zwei oder mehreren Kernkörperchen fehlt es noch an Beobachtungen. Man kann sich aber leicht eine vorläufige Vorstellung davon machen, wenn man bedenkt, dafs zwei Kernkörperchen so nahe aneinander liegen können, dafs die um sie sich bildenden Schichten, bevor sie nach aufsen scharf abgegrenzt sind, ineinanderfliefsen, so dafs nun bei fortdauernder Ablagerung neuer Moleküle die äufsere Begrenzung so eintritt, dafs zwei Kernkörperchen zugleich davon umschlossen werden, und nun die Weiterentwicklung erfolgt, als ob nur ein Kernkörperchen da wäre.

Wenn der Kern eine gewisse Entwicklungsstufe erreicht hat, so bildet sich um ihn die Zelle. Der Prozefs, wodurch dieses geschieht, scheint folgender zu sein. Auf der äufsern Oberfläche des Zellenkerns schlägt sich eine Schichte einer Substanz nieder, die von dem umgebenden Cytoblastem verschieden ist. S. Tab. III. Fig. 1. d. Diese Schichte ist Anfangs noch nicht scharf nach aufsen begrenzt, sondern erst durch die fortdauernde Ablagerung neuer Moleküle erfolgt diese äufsere Begrenzung. Die Schichte ist mehr oder weniger dick, bald homogen bald granulös; letzteres besonders bei den dicken Schichten, wie sie bei der Bildung der Mehrzahl der thierischen Zellen vorkommen. Eine Zellenhöhle und eine Zellenwand läfst sich in dieser Periode noch nicht unterscheiden. Die Ablagerung neuer Moleküle zwischen die vorhandenen dauert aber fort und zwar, wenn die Schichte dünn ist, so, dafs die ganze Schichte, wenn sie dick ist, so, dafs nur der äufsere Theil der Schichte sich allmählig zu einer Membran konsolidirt. Der Anfang zu dieser Konsolidation des äufsern Theils der Schichte zu einer Membran mag wohl schon bald nach der scharfen Abgrenzung der Schichte nach aufsen gemacht werden; gewöhnlich aber wird die Membran erst später deutlich unterscheidbar, indem sie dicker und nach innen schärfer begrenzt wird; bei vielen Zellen aber kommt es gar nicht zur Entwicklung einer evidenten Zellenmembran, sondern sie sehen solid aus, und es läfst sich nur erkennen, dafs der äufsere Theil der Schichte etwas kompakter ist.

Hat sich die Zellenmembran einmal konsolidirt, so dehnt sie sich durch fortdauernde Aufnahme neuer Moleküle zwischen die vorhandenen, also vermöge eines Wachsthums durch Intussusception aus und entfernt sich dadurch von dem Zellenkern. Man kann daraus schliefsen, dafs die Ablagerung der neuen Moleküle stärker stattfindet zwischen die nach der Fläche der Membran nebeneinander als zwischen die nach der Dicke der Membran übereinanderliegenden Moleküle. Der Zwischenraum zwischen Zel-

lenmembran und Zellenkern wird zugleich mit Flüssigkeit gefüllt, und dies ist denn der Zelleninhalt. Der Zellenkern bleibt bei dieser Ausdehnung an einer Stelle der innern Fläche der Zellenmembran liegen. Hat sich die ganze Schichte, womit die Zellenbildung begann, zur Zellenmembran konsolidirt, so mufs der Kern frei an der Zellenwand anliegen; hat sich nur der äufsere Theil der Schichte zur Zellenmembran konsolidirt, so mufs der Kern, umgeben von dem innern Theil der Schichte an einer Stelle der innern Fläche der Zellenmembran ankleben bleiben. Dieser Rest der Schichte scheint nun ein doppeltes Schicksal erleiden zu können: entweder er löst sich auf und bildet einen Theil des Zelleninhaltes; alsdann mufs der Kern ebenfalls frei an der Zellenwand anliegen, oder er kondensirt sich allmählig ebenso, wie der äufsere Theil der Schichte zu derselben Substanz wie die Zellenmembran, und dann scheint der Kern in der Dicke der Zellenwand zu liegen. Hieraus erklärt sich das verschiedene Verhalten des Zellenkerns zur Zellenmembran. Nach Schleiden liegt er bei Pflanzen zuweilen in der Dicke der Zellenmembran, so dafs er auch auf seiner innern, gegen die Zellenhöhle gerichteten Fläche von einer Lamelle der Zellenwand bedeckt ist. Bei Thieren scheint es auch zuweilen vorzukommen, dafs er ein wenig in die Dicke der Zellenmembran eingesenkt ist; doch habe ich noch nicht beobachtet, dafs eine Lamelle derselben über seine innere Fläche weglief, vielmehr liegt der Kern in den bei weitem meisten Fällen ganz frei an der innern Fläche der Zellenmembran angeklebt.

Was die Entwicklungsstufe des Kerns anbelangt, auf welcher die Bildung der Zelle um ihn beginnt, so ist diese sehr verschieden. Bald ist der Kern schon vorher ein deutliches Bläschen, z. B. beim Keimbläschen, bald, und diefs ist das Gewöhnliche, erscheint der Kern noch solid, und die Entwicklung zu einem Bläschen erfolgt entweder gar nicht oder erst später. Nach Entwicklung der Zelle nämlich bleibt der Kern entweder auf seiner frühern Entwick-

lungsstufe stehen, oder er wächst fort, jedoch immer in schwächerm Verhältnifs als die Zelle, so dafs der Zwischenraum zwischen Zellenmembran und Kern, die Zellenhöhle, auch relativ immer gröfser wird. Wird eine Zelle in ihrem Wachsthum durch die benachbarten Zellen verhindert, oder wird der Ansatz der neuen Moleküle zwischen die vorhandenen Partikeln der Zellenmembran nicht zur Ausdehnung der Zellenmembran, sondern zur Verdickung der Zellenwand benutzt, so kann es vorkommen, dafs der Kern sich später stärker ausdehnt als die Zelle, die ihm früher in ihrem Wachsthum vorangeeilt war, so dafs der Kern später allmählig einen immer gröfsern Theil der Zellenhöhle ausfüllt. Pag. 27 wurde ein Beispiel darüber von den Kiemenknorpeln der Froschlarven angeführt; im Ganzen sind aber solche Fälle sehr selten. Da die Kerne bei ihrer Entwicklung zu Bläschen, und besonders bei diesem stärkern Wachsthum ihren granulösen Inhalt immer mehr verlieren, wasserhell werden, da sich sogar in diesem Inhalt des Kerns in einzelnen Fällen, z. B. beim Keimbläschen andere Körperchen, Fetttröpfchen u. s. w. entwickeln können, wie es sonst nur in den Zellenhöhlen vorkommt, so wird es oft schwer, solche vergröfserte Zellenkerne von jungen Zellen zu unterscheiden. Sind zwei Kernkörperchen in dem Kern vorhanden, so kann man daran oft einen solchen vergröfserten hohlen Zellenkern unterscheiden. Aufserdem mufs die Beobachtung der Uebergangsstufen von der charakteristischen Form der Zellenkerne zu diesen zellenähnlichen Kernen den gewünschten Aufschlufs geben. Die sichere Entscheidung aber kann, wie beim Keimbläschen, nur durch die Nachweisung erhalten werden, dafs das ganze Verhältnifs eines solchen zellenartigen Kerns zur Zelle dasselbe ist, wie bei den gewöhnlichen Zellenkernen, dafs namentlich ein solcher Kern vor der Zelle entsteht, diese als eine Schichte um denselben sich bildet, und der Kern endlich in der Zelle resorbirt wird. Mag nämlich der Zellenkern bei der weitern Entwicklung der Zelle selbst eine weitere Entwicklung erleiden oder nicht, so ist ge-

wöhnlich sein letztes Schicksal, dafs er resorbirt wird. Doch geschieht diefs nicht in allen Fällen, und nach Schleiden bleibt er z. B. in den meisten Zellen der Euphorbiaceen, und bei Thieren ist er, z. B. bei den Blutkörperchen persistent.

Die Entwicklung vieler Kerne zu hohlen Bläschen, die Schwierigkeit manche solcher hohlen Zellenkerne von Zellen zu unterscheiden, mufs schon auf die Vermuthung führen, dafs der Kern von einer Zelle nicht wesentlich verschieden ist, dafs eine gewöhnliche kernhaltige Zelle nichts als eine Zelle ist, die sich aufsen um eine andere Zelle, den Kern, bildet, und dafs zwischen beiden nur der Unterschied statt findet, dafs die innere Zelle, nachdem die äufsere Zelle sich darum gebildet hat, sich nur langsamer und unvollkommner entwickelt. Wäre diefs richtig, so würde man sich bestimmter ausdrücken können, wenn man die Kerne mit Zellen erster Ordnung, die gewöhnlichen kernhaltigen Zellen mit Zellen zweiter Ordnung bezeichnete. Wir haben bisher den Unterschied zwischen Zelle nnd Kern durchaus festgehalten, und diefs ist auch passend, so lange es sich um eine blofse Beschreibung der Beobachtungen handelt. Die Kerne entsprechen unzweifelhaft einander in allen Zellen; jene Bezeichnung aber als Zellen erster Ordnung schliefst schon eine noch zu beweisende theoretische Ansicht, nämlich die Identität des Prozesses der Zellenbildung und Kernbildung in sich. Diese Identität ist aber für die Theorie von der gröfsten Wichtigkeit, und wir müssen defshalb beide Prozesse etwas näher vergleichen. Die Zellenbildung begann damit, dafs sich um den Kern ein Niederschlag bildet; dasselbe geschieht bei der Kernbildung um das Kernkörperchen. Dieser Niederschlag grenzt sich bei der Zellenbildung nach aufsen zu einer soliden Schichte ab: dasselbe geschieht bei der Kernbildung. Bei vielen Kernen geht nun die Entwicklung gar nicht weiter, so wie es auch Zellen gibt, die auf dieser Stufe stehen bleiben. Die Weiterentwicklung der Zellen geschieht nun auf die Weise, dafs entweder die

ganze Schichte oder nur der äufsere Theil derselben sich zu einer Membran konsolidirt; ganz ebenso geschieht es bei den Kernen, die sich weiter entwickeln. Die Zellenmembran wächst ihrer Fläche nach, oft auch in der Dicke, und entfernt sich dadurch vom Kern, der an einer Stelle der Wand liegen bleibt, ganz ebenso wächst die Membran der hohlen Zellenkerne und das Kernkörperchen bleibt an einer Stelle der Wand kleben. Es erfolgt nun oft eine Umwandlung des Zelleninhaltes, wodurch sich neue Produkte in der Zellenhöhle bilden. Bei den meisten hohlen Zellenkernen wird der Inhalt des Kerns blasser, weniger granulös, und in einzelnen bilden sich auch Fettkügelchen u. s. w. S. oben pag. 206. Man kann daher sagen: die Zellenbildung ist nur eine Wiederhohlung desselben Prozesses um den Kern, durch den sich der Kern um das Kernkörperchen bildete, und es findet nur der Unterschied statt, dafs dieser Prozefs intensiver und vollkommner bei der Zellenbildung, als bei der Kernbildung vor sich geht.

Der ganze Prozefs der Bildung einer Zelle beruht demnach darauf, dafs sich um ein zuerst entstehendes kleines Körperchen (Kernkörperchen), zuerst eine Schichte (Kern), dann später um diese eine zweite Schicht (Zellensubstanz) niederschlägt. Die einzelnen Schichten wachsen durch Aufnahme neuer Moleküle zwischen die vorhandenen, durch Intussusceptio, und zwar findet dabei das Gesetz statt, dafs die Ablagerung stärker im äufsern Theil jeder Schichte, als im innern, und stärker in der ganzen äufsern Schichte, als in der innern erfolgt. Vermöge dieses Gesetzes kondensirt sich von jeder Schichte oft nur der äufsere Theil zu einer Membran (Membran des Kerns und Membran der Zelle), und die äufsere Schichte entwickelt sich vollkommner zu einer Zelle als der Kern. Wenn die Kernkörperchen hohl sind, wie diefs nach Schleiden in einzelnen Fällen bei Pflanzen stattfindet, so findet vielleicht ein dreifacher Schichtenbildungsprozefs statt, so dafs die Zellenmembran die dritte, der Kern die zweite, das Kernkörperchen die erste Schichte ist. Bei den kernlosen Zellen

findet vielleicht nur eine einfache Schichtenbildung um ein unendlich kleines Körperchen statt.

Verschiedene Ausbildung der Zellen in verschiedenen Geweben. Wenn, wie wir eben gesehen haben, der Prozefs der Zellenbildung überall wesentlich derselbe ist, und auf einer Bildung einfacher oder mehrfacher Schichten umeinander, und auf einem Wachsthum dieser Schichten durch Intussusceptio beruht, so sind dagegen die Veränderungen, welche an den einmal gebildeten Zellen in den einzelnen Geweben vorkommen, in den Erscheinungen wenigstens viel mannigfaltiger. Man kann sie in zwei Klassen bringen, je nachdem nämlich die Individualität der ursprünglichen Zelle bleibt (selbstständige Zellen), oder je nachdem diese mehr oder weniger verloren geht (verschmelzende und sich theilende Zellen).

Die Verschiedenheiten, welche zwischen den selbstständigen Zellen Statt finden, sind theils chemischer Natur, theils beziehen sie sich auf eine Verschiedenheit des Wachsthums der Zellenmembran, wodurch eine Formveränderung der Zelle hervorgebracht werden kann.

Die Zellenmembran ist bei verschiedenen Zellenarten chemisch verschieden. So wird die Zellenmembran der Blutkörperchen durch Essigsäure aufgelöst, die der Knorpelzellen nicht. Selbst an derselben Zelle ist die chemische Zusammensetzung der Zellenmembran nach dem Alter der Zelle verschieden, so dafs eine Umwandlung der Substanz der Zellenmembran selbst bei den Pflanzen statt findet; denn nach Schleiden löst sich die Zellenmembran der jüngsten Pflanzenzellen in Wasser, was an den erwachsenen Zellen nicht mehr geschieht. Noch mehr unterscheiden sich die einfachen Zellen durch ihren Zelleninhalt. Die eine Zelle bildet Fett, die andere Pigment, die dritte ätherisches Oel; und auch hier geht eine Umwandlung des Zelleninhaltes in derselben Zelle vor sich. Man sieht in einer Anfangs wasserhellen Zelle allmählig einen körnigen Niederschlag sich bilden, gewöhnlich zuerst um den Zellenkern, oder auch umgekehrt bei der Bebrütung des

Vogeleies löst sich der körnige (fettartige) Inhalt der Zellen der Dottersubstanz allmählig theilweise auf. Bei Pflanzen findet nach Schleiden diese Umwandlung der Substanzen des Zelleninhaltes in einer gewissen Ordnung statt; bei Thieren habe ich darüber noch keine Untersuchungen angestellt.

Hierher dürfte auch die Bildung der sekundären Ablagerungen auf der innern Fläche der Zellenmembran zu rechnen sein, welche besonders häufig bei Pflanzen stattfindet. Wird nämlich aus dem Zelleninhalt eine feste zusammenhängende Substanz gebildet, so kann sich diese auf der innern Fläche der Zellenmembran ablagern. Diese Ablagerung geschieht bei den Pflanzen gewöhnlich in Schichten, so dafs zuerst auf der innern Fläche der Zellenmembran sich eine Schichte bildet, dann auf der innern Fläche dieser Schichte eine neue u. s. f., so dafs zuletzt fast die ganze Zellenhöhle dadurch ausgefüllt werden kann. Diese sekundären Ablagerungen geschehen nach Valentin immer in Spirallinien, und zwar entweder in einfachen Spirallinien oder in mehrfachen, und zwar entweder so, dafs die ganze innere Fläche der Zellenmembran damit bedeckt wird oder so, dafs die Spiralen einander nicht berühren. Bei den Thieren habe ich noch keine schichtenweise sekundäre Ablagerung beobachtet.

Die Verschiedenheiten, welche an einfachen Zellen im Wachsthum der Zellenmembran vorkommen können, beziehen sich darauf, ob der Ansatz der neuen Moleküle an allen Stellen der Zellenmembran gleichmäfsig erfolgt oder nicht. Im ersten Falle bleibt die Form der Zelle unverändert, und es ist nur noch der Unterschied möglich, ob sich die neuen Moleküle vorzugsweise zwischen die nach der Fläche der Zellenmembran nebeneinanderliegenden Moleküle ablagern, oder ob sie sich zwischen die nach der Dicke der Zellenmembran hintereinanderliegenden Moleküle absetzen. Die erste Art des Wachsthums bewirkt eine Ausdehnung der Zellenmembran, die zweite vorzugsweise eine Verdickung der Zellenmembran selbst. Ge-

wöhnlich sind beide Arten des Wachsthums vereinigt, jedoch meistens so, dafs die Ausdehnung der Zellenmembran das vorwaltende ist.

Durch den ungleichmäfsigen Ansatz der neuen Moleküle können sehr mannichfaltige Formmodifikationen der Zellen hervorgebracht werden. Die Kugelform, welche die Grundform der Zellen ist, kann sich in eine polyedrische verwandeln, oder die Zellen platten sich zu einer runden oder ovalen oder zu einer eckigen Tafel ab, oder die Ausdehnung der Zellen findet nur nach einer oder nach zwei entgegengesetzten Seiten zu einer Faser statt, und diese Fasern können selbst wieder platt und dabei zuweilen noch seitwärts gezähnelt sein, oder endlich die Ausdehnung der Zellen zu Fasern findet nach verschiedenen Seiten sternförmig statt. Ein Theil dieser Formveränderungen ist ohne Zweifel eine blofs mechanische Folge. So entsteht z B. die polyedrische Form durch das dichte Zusammenliegen der kugeligen Zellen, und diese nehmen getrennt von einander zuweilen sogar ihre runde Form wieder an, z. B. die Dotterzellen. Bei anderen Veränderungen ist eine Erklärung durch Exosmose denkbar. Wandelt z. B. eine runde Zelle ihren Inhalt so um, dafs eine Flüssigkeit in ihr entsteht, die weniger dicht ist als die umgebende Flüssigkeit, so verliert die Zelle durch Exosmose von ihrem Inhalt und mufs defshalb zusammensinken und kann sich dabei zu einer Tafel abplatten, wie etwa bei den Blutkörperchen. In den bei weitem meisten Fällen aber reicht man mit solchen Erklärungen nicht aus, sondern man ist anzunehmen gezwungen, dafs das Wachsthum nicht nothwendig gleichmäfsig nach allen Seiten hin erfolgt, sondern dafs die neuen Moleküle sich vorzugsweise an einzelnen Stellen zwischen die vorhandenen ablagern können. Denken wir uns z. B. eine runde Zelle, deren Zellenmembran schon ausgebildet ist, und nun erfolgt an einer beschränkten Stelle der Zellenmembran die Ablagerung neuer Moleküle, so wird diese Stelle der Zellenmembran sich ausdehnen, und dadurch eine hohle Faser aus

der Zelle hervorwachsen, deren Höhle mit der Zellenhöhle kommunizirt. Dasselbe wird noch leichter der Erfolg sein, wenn die neuen Moleküle sich schon ungleichmäfsig ansetzen, bevor in dem um den Kern entstehenden, die Zellenbildung vorbereitenden Niederschlag die Verdichtung der äufsern Schichte zu einer deutlich unterscheidbaren Zellenmembran stattgefunden hat. Hier wird dann auch in der Faser die Höhlung weniger ausgebildet, und nur in der Art vorhanden sein, dafs erst bei dem weitern Wachsthum der Faser in der Dicke der deutliche Unterschied zwischen Wand und Höhle hervortreten würde.

Der Grund dieses ungleichmäfsigen Ansatzes der neuen Moleküle kann in einzelnen Fällen wohl in Umständen liegen, die für die Zelle etwas Aeufseres sind. Läge z. B. eine Zelle so, dafs sie an einer Seite mit einem konzentrirtern Nahrungsstoff in Berührung wäre, so könnte man sich vorstellen, dafs diese Seite der Zellenmembran stärker wächst, wenn auch die Kraft, die das Wachsthum der Zelle bewirkt, gleichmäsfig in der ganzen Zelle wirkt. Allein eine solche Erklärung läfst sich in den meisten Fällen keineswegs annehmen, sondern man mufs Modifikationen im Entwicklungsprinzip der Zellen zugeben, in der Art, dafs die Kraft, welche überhaupt das Wachsthum der Zellen bewirkt, in der einen Zelle einen gleichmäfsigen, in der andern einen ungleichmäfsigen Ansatz der neuen Moleküle zu veranlassen im Stande ist.

Was nun die Veränderungen der Zellen anbelangt, durch welche die Individualität der ursprünglichen Zellen mehr oder weniger vollständig verloren geht, so gehören dahin erstens die Verschmelzung der Zellenwände unter einander oder mit der Intercellularsubstanz, zweitens die Theilung einer Zelle in mehrere, drittens die Verschmelzung mehrerer primärer Zellen zu einer sekundären.

Eine Verschmelzung der Zellenmembran mit der Intercellularsubstanz oder mit einer benachbarten Zellenwand scheint, z. B. bei einigen Knorpeln statt zu finden. Anfangs ist die Zellenmembran nach aufsen scharf be-

grenzt; allmählig wird die Grenze immer blasser und ist zuletzt mit dem Mikroskop nicht mehr zu unterscheiden. Unter welchen Umständen eine solche Verschmelzung eintritt, darüber läfst sich jetzt noch kein allgemeines Gesetz aufstellen. Eine solche Verschmelzung setzt eine Homogenität der Zellenmembran mit der Intercellularsubstanz voraus, und vielleicht geschieht die Verschmelzung immer, wenn eine solche Homogenität vorhanden ist.

Anlangend die Theilung der Zellen, so haben wir oben gesehen, wie durch stärkeres Wachsthum der Zellenmembran an einzelnen Stellen eine Ausstülpung der Zellenmembran stattfinden kann. Durch denselben Prozefs kann aber ebenso gut eine Einstülpung der Zellenmembran in die Höhle der Zelle erfolgen. Denkt man sich nun, dafs diese Einstülpung durch stellenweise stärkeres Wachsthum ringförmig um eine Zelle stattfinde, so kann diefs soweit gehn, bis die eine Zelle in zwei Zellen getrennt ist, die nur durch einen kurzen Stiel zusammenhangen, der resorbirt werden kann. Diefs würde das einfachste Phänomen der Theilung einer Zelle sein. An den Zellen aber, welche bei Thieren sich theilen, nämlich den Faserzellen, ist erstens der Prozefs komplizirter, indem die Theilung einer in Fasern verlängerten Zelle in viele Fasern stattfindet, zweitens die Zellen sehr klein sind. Daher läfst sich der Prozefs nicht so genau in der Beobachtung verfolgen, und was man sieht, ist nur Folgendes: Eine Zelle verlängert sich nach zwei entgegengesetzten Seiten in mehrere Fasern. Von dem Winkel, den die Fasern auf jeder Seite miteinander bilden, geht allmählig eine Streifung aus über den Zellenkörper; diese Streifung wird immer deutlicher, bis der Zellenkörper ganz in Fasern zerfällt.

Die Verschmelzung mehrerer primärer Zellen zu einer sekundären Zelle ist gewissermafsen der entgegengesetzte Prozefs von dem vorigen. Es legen sich dabei, z. B. bei den Muskeln, mehrere primäre Zellen reihenweise nebeneinander, und verschmelzen zu einem Cylinder, in dessen

Dicke die Kerne der primären Zellen liegen. Dieser Cylinder zeigt sich als hohl und durch Scheidewände nicht unterbrochen, und an der Innenfläche seiner Wand liegen die Kerne an. Diefs ist das bis jetzt beobachtete Faktische des Prozesses. Man kann sich denselben in der Vorstellung ergänzen. Sollen zwei ausgebildete Zellen miteinander verschmelzen, so müssen an der Berührungsstelle ihre Wände zunächst verwachsen, und dann diese Scheidewand zwischen den Zellenhöhlen resorbirt werden. Allein in der Natur brauchen diese Akte keineswegs so scharf getrennt aufzutreten. Die Verschmelzung kann stattfinden, bevor die Zellenwand und Zellenhöhle als verschiedene Gebilde existiren, etwa in folgender Weise: Die Kerne bilden sich zuerst; um diese schlägt sich eine neue Schichte von Substanz nieder, von der nach dem Bildungsgang einer gewöhnlichen einfachen Zelle der äufsere Theil sich zu einer Zellenmembran kondensiren würde. Allein hier liegen die Kerne so nahe aneinander, dafs die um sie sich bildenden, den Zellen entsprechenden Schichten zu einem Cylinder zusammenfliefsen, und von diesem kondensirt sich der äufsere Theil zu einer Membran, gerade so, wie sonst an einfachen Zellen von der um den Kern gebildeten Schichte gewohnlich nur der äufsere Theil durch Aufnahme neuer Moleküle von aufsen zu einer Membran erhärtet. So handelt es sich also hier keineswegs um etwas von dem Entwicklungsgang einfacher Zellen so sehr Verschiedenes; ein ähnlicher Peozefs schien vielmehr schon bei der Bildung von Kernen mit zwei oder mehreren Kernkörperchen angenommen werden zu müssen (S. oben pag. 208). Vielleicht finden sogar Uebergangsstufen von den gewöhnlichen einfachen Zellen zu diesen sekundären Zellen statt. Es wurde oben pag. 141 schon erwähnt, dafs in der Schädelhöhle der Fische Fettzellen vorkommen, von denen viele zwei Kerne enthalten. Es ist möglich, dafs davon nur der eine der Cytoblast der Zelle, der zweite ein später gebildeter Kern ist, allein sie sind beide einander so ähnlich in ihrer charakteristischen Lage zur Zellenmembran

(S. Tab. III. Fig. 10.), dafs vielleicht beides Cytoblasten einer Zelle sind, indem der um beide Kerne sich bildende, die Zellenbildung vorbereitende Niederschlag sich so in seiner äufsern Schichte kondensirte, dafs beide Kerne von der Membran eingeschlossen wurden. Indessen fehlt darüber die Nachweisung durch die Beobachtung, und es ist noch eine andere Erklärung der gleichen Lage dieser beiden Zellenkerne möglich. Das Fett drängt nämlich jeden mit Wasser imbibirten Körper nach aufsen, um seine Kugelgestalt anzunehmen. Entsteht also auch in einer solchen Fettzelle später ein zweiter Kern, so wird er durch das Fett nach aufsen gedrückt, und mufs die Zellenmembran allmählich hügelförmig in die Höhe heben. Es ist übrigens noch zu bemerken, dafs es auch wirklich nachweisbar vorkommt, dafs die ausgebildete Scheidewand zwischen zwei Zellen resorbirt werden kann, z. B. bei den Spiralgefäfsen der Pflanzen.

Theorie der Zellen.

Die ganze bisherige Untersuchung hatte den Zweck, die Bildungsweise der Elementartheile der Organismen rein nach Beobachtungen darzustellen. Theoretische Ansichten wurden entweder ganz ausgeschlossen, oder wo sie, wie in dem letzten Resumé über das Zellenleben, entweder zur Deutlichmachung der Thatsachen oder zur Vermeidung späterer Wiederhohlungen nöthig waren, so dargestellt, dafs man leicht erkennt, was Beobachtung und was Raisonnement ist. Es drängt sich aber unabweisbar die Frage nach dem Grunde all dieser Erscheinungen auf, und ein Versuch, die Lösung dieser Frage vorzubereiten, wird daher um so eher erlaubt sein, als durch die scharfe Trennung der Theorie von den Beobachtungen das Hypothetische von dem Sicheren deutlich unterschieden werden kann. Eine Hypothese ist nie nachtheilig, so lange man sich des Grades ihrer Zuverlässigkeit und der Gründe bewufst bleibt, auf der sie beruht. Es ist selbst für die Wissenschaft vortheilhaft, ja nothwendig, wenn ein gewisser Cyklus von Er-

scheinungen durch die Beobachtung nachgewiesen ist, eine vorläufige Erklärung hinzu zu denken, die möglichst genau auf diese Erscheinungen pafst, selbst auf die Gefahr hin, dafs die Erklärung durch spätere Beobachtungen umgestofsen wird; denn nur dadurch wird man rationell zu neuen Entdeckungen geführt, welche die Erklärung entweder bestätigen oder zurückweisen. Von diesem Gesichtspunkte aus bitte ich den folgenden Versuch einer Theorie des Organismus zu betrachten; denn die Frage nach dem Grunde der Entwicklung der Elementartheile der Organismen fällt zuletzt mit der Theorie der Organismen zusammen.

Die verschiedenen Ansichten über die Grundkräfte des Organismus lassen sich auf zwei wesentlich von einander verschiedene zurückführen. Die erste Ansicht ist die, dafs jedem Organismus eine Kraft zu Grunde liegt, welche den Organismus nach einer ihr vorschwebenden Idee formt, welche die Moleküle so zusammenfügt, wie sie zur Erreichung gewisser, durch diese Idee gesetzter Zwecke nothwendig sind. Was also hier die Moleküle zusammenfügt, ist eine Kraft, welche sich einen bestimmten Zweck setzt. Eine solche Kraft würde wesentlich von allen Kräften der anorganischen Natur verschieden sein, weil in dieser nur ein blindes Wirken stattfindet. Auf eine gewisse Einwirkung erfolgt in der anorganischen Natur mit Nothwendigkeit eine gewisse qualitativ und quantitativ bestimmte Veränderung ohne Rücksicht auf einen Zweck. Die Grundkraft des Organismus aber nach jener Ansicht, oder die Seele im Stahl'schen Sinne würde dadurch, dafs sie nach einem bestimmten individuellen Zwecke wirkt, dem immateriellen mit Selbstbewufstsein begabten Prinzip, das wir im Menschen annehmen müssen, viel näher stehen.

Die andere Ansicht ist die, dafs die Grundkräfte der Organismen dadurch wesentlich mit den Kräften der anorganischen Natur übereinstimmen, dafs sie durchaus nach Gesetzen der Nothwendigkeit ohne Rücksicht auf einen Zweck blind wirken, dafs es Kräfte sind, die ebenso mit der Existenz der Materie gesetzt sind, wie die physikali-

schen Kräfte. Man könnte annehmen, dafs die bildenden Kräfte der Organismen in der anorganischen Natur gar nicht vorkommen, weil diese oder jene bestimmte Kombination der Moleküle, wodurch die Kräfte zur Aeufserung kommen, in der anorganischen Natur sich nicht findet, und doch würden diese Kräfte von den physikalischen und chemischen Kräften sich wesentlich gar nicht unterscheiden. Die Zweckmäfsigkeit, selbst ein hoher Grad individueller Zweckmäfsigkeit jedes Organismus läfst sich gar nicht läugnen; allein nach dieser Ansicht liegt der Grund dieser Zweckmäfsigkeit nicht darin, dafs jeder Organismus durch eine individuelle, nach einem Zweck wirkende Kraft hervorgebracht wird, sondern er liegt darin, worin auch der Grund der Zweckmäfsigkeit in der anorganischen Natur liegt, in der Schöpfung der Materie mit ihren blinden Kräften durch ein vernünftiges Wesen. Wir kennen z. B. die Kräfte, welche in unserm Planetensystem wirken. Es sind Kräfte, die nach blinden Gesetzen der Nothwendigkeit wirken, wie alle physikalischen Kräfte, und dennoch ist das Planetensystem äufserst zweckmäfsig. Der Grund dieser Zweckmäfsigkeit liegt nicht in diesen Kräften, sondern in Dem, der die Materie mit ihren Kräften so geschaffen hat, dafs sie ihren blinden Gesetzen folgend dennoch ein zweckmäfsiges Ganze hervorbringen. Man kann selbst eine individuelle Zweckmäfsigkeit des Planetensystems behaupten. Eine äufsere Einwirkung, etwa ein Komet, kann Veränderungen der Bewegung veranlassen, ohne dafs defshalb das Ganze zusammenstürzt; auf den einzelnen Planeten können Störungen, etwa eine hohe Meeresfluth u. s. w. entstehen, die sich aber rein nach physikalischen Gesetzen wieder ausgleichen. Die Organismen sind in Bezug auf ihre Zweckmäfsigkeit nur gradweise hievon verschieden, und nach dieser zweiten Ansicht über die organischen Grundkräfte ist man bei ihnen ebenso wenig gezwungen auf eine nach den Gesetzen der Zweckmäfsigkeit wirkende Grundkraft zu schliefsen, als diefs überhaupt in der anorganischen Natur nothwendig ist.

Man kann die erste Ansicht über die Grundkräfte der Organismen die teleologische, die zweite die physikalische Ansicht nennen. Es ist für die Physiologie von der gröfsten Bedeutung, welcher von beiden Ansichten man folgt, wie sich leicht aus einem Beispiel ergibt. Definirt man z. B. die Entzündung und Eiterung als das Bestreben des Organismus einen etwa von aufsen eingedrungenen fremden Körper hinaus zu schaffen, oder das Fieber als das Bestreben des Organismus einen Krankheitsstoff zu eliminiren, beides als Folge der „Autokratie des Organismus," so sind diefs nach der teleologischen Ansicht Erklärungen. Denn da durch diese Prozesse der schädliche Stoff wirklich entfernt wird, so ist der Prozefs, wodurch diefs geschieht, ein zweckmäfsiger, und da die Grundkraft des Organismus nach bestimmten Zwecken wirkt, so kann sie entweder unmittelbar diese Prozesse veranlassen, oder auch andere Kräfte der Materie zu Hülfe nehmen, doch so, dafs sie immer das primum movens bleibt. Nach der physikalischen Ansicht dagegen ist diefs eben so wenig eine Erklärung, als wenn man sagte, die Bewegung der Erde um die Sonne ist das Bestreben der dem Planetensystem zu Grunde liegenden Kraft auf den Planeten einen Wechsel der Jahreszeiten hervorzubringen, oder wenn man sagte: Ebbe und Fluth ist die Reaktion des Erdorganismus gegen den Mond.

In der Physik sind alle ähnliche, aus einer teleologischen Ansicht der Natur hervorgehenden Erklärungen, z. B. der horror vacui u. dgl. längst verbannt. In der lebenden Natur dagegen tritt die Zweckmäfsigkeit und zwar die individuelle Zweckmäfsigkeit so stark hervor, dafs es schwer wird, sich aller teleologischen Erklärungen zu entschlagen. Man mufs indessen bedenken, dafs solche Erklärungen, wodurch zugleich Alles und Nichts erklärt wird, nur die letzten Auskunftsmittel sein dürfen, wenn gar keine andere Ansicht möglich ist, und eine solche Nothwendigkeit zur Annahme der teleologischen Ansicht liegt bei den Organismen nicht vor. Die Zweckmäfsigkeit in den Organismen

ist nur gradweise verschieden von der, wie sie sich in der ganzen, auch in der anorganischen Natur zeigt, und die Erklärung, dafs die Organismen, wie alle Erscheinungen in der anorganischen Natur, durch das Wirken blinder, mit der Materie gesetzter Kräfte entstehn, kann als unmöglich nicht zurückgewiesen werden. Die Vernunft fordert allerdings einen Grund dieser Zweckmäfsigkeit; allein für sie ist die Annahme hinreichend, dafs die Materie mit den ihr inwohnenden Kräften ihre Existenz einem vernünf-Wesen verdankt. Einmal geschaffen und in ihrer Integrität erhalten, können diese Kräfte dann sehr wohl nach ihren unveränderlichen Gesetzen der blinden Nothwendigkeit Kombinationen hervorbringen, die selbst einen hohen Grad individueller Zweckmäfsigkeit zeigen. Tritt aber die vernünftige Kraft nach der Schöpfung nur als erhaltend, nicht als unmittelbar thätig auf, so kann auf naturwissenschaftlichem Gebiete vollkommen von ihr abstrahirt werden.

Die teleologische Ansicht führt aber aufserdem auf Schwierigkeiten in der Erklärung und zwar zunächst bei der Zeugung. Nimmt man an, dafs jedem Organismus eine Kraft zu Grunde liegt, welche denselben nach einer ihr vorschwebenden Idee bildet, so kann allerdings bei der Zeugung auch ein Theil dieser Kraft in dem Ei enthalten sein; allein man mufs dann diesem Theile der ursprünglichen Kraft bei der Trennung des Eies vom mütterlichen Körper die Fähigkeit zuschreiben, einen ähnlichen Organismus hervorbringen zu können wie die Kraft, von der sie nur ein Theil ist, d. h. man mufs annehmen, dafs diese Kraft ins Unendliche theilbar ist, und dafs dennoch jeder Theil dieselben Wirkungen hervorbringen kann, wie die ganze Kraft. Ist dagegen die Kraft der Organismen ebenso wie die physikalischen Kräfte in der Materie als solcher enthalten, und wird sie nur durch eine gewisse Kombination der Moleküle frei, wie etwa z. B. durch Kombination einer Zink- und Kupferplatte Elektricität frei wird, so kann durch die Zusammenfügung der Moleküle zu einem Ei auch die Kraft frei werden, wodurch das Ei neue Moleküle anzu-

ziehen im Stande ist, und diese neu zusammengefügten Moleküle erhalten eben durch diese Zusammenfügungsweise wieder dieselbe Kraft neue Moleküle anzuziehen. Auch die erste Entstehung der mannigfaltigen Organismen, die durch die Geologie nachgewiesene allmählige Ausbildung der organischen Natur hat nach der teleologischen Ansicht viel mehr Schwierigkeit, als nach der physikalischen.

Ein anderer Einwurf gegen die teleologische Ansicht läfst sich aus der vorigen Untersuchung entnehmen. Die Moleküle werden, wie wir gesehen haben, nicht unmittelbar auf mannigfaltige Weise so zusammengefügt, wie es der Zweck des Organismus erfordert, sondern bei der Bildung der Elementartheile der Organismen liegen Gesetze zu Grunde, die bei allen Elementartheilen wesentlich dieselben sind. Man sieht nun keinen Grund ein, wefshalb es so sein mufs, wenn jedem Organismus eine Kraft zu Grunde liegt, welche die Theile des Organismus nach dem Zweck, den sie erfüllen sollen, bildet: man sollte viel wahrscheinlicher erwarten, dafs das Bildungsprincip, obgleich für physiologisch dieselben Gebilde ein bestimmtes, doch in verschiedenen Geweben ebenso verschieden wäre. Diese Gleichheit der Elementartheile führte bei Pflanzen schon auf die Vermuthung, dafs die Zellen eigentlich die Organismen seien, und die ganze Pflanze ein nach bestimmten Gesetzen geordnetes Aggregat dieser Organismen. Da nun aber die Elementartheile der Thiere sich ganz ebenso verhalten, so würde dadurch auch die Individualität eines ganzen Thieres verloren gehn, und doch stützt sich gerade auf das Individuelle eines ganzen Thiers die Annahme, dafs ihm eine einzige, nach einer bestimmten Idee wirkende Kraft zu Grunde liegt.

Indessen eine vollständige Widerlegung teleologischer Ansichten ist überhaupt nicht möglich, wenn man nicht alle Erscheinungen nach der physikalischen Ansicht wirklich erklärt. Eine Widerlegung ist aber auch nicht nothwendig, weil die teleologische Erklärungsweise nur dann zulässig ist, wenn man die Unmöglichkeit der physikalischen

nachweisen kann. Jedenfalls ist es für den Zweck der Wissenschaft viel erfspriefslicher, nach einer physikalischen Erklärung wenigstens zu streben. Ich wiederhole übrigens, dafs, wenn hier von einer physikalischen Erklärung der organischen Erscheinungen die Rede ist, darunter nicht nothwendig eine Erklärung durch die bekannten physikalischen Kräfte, z. B. durch den allgemeinen Lückenbüfser Elektricität u. dergl., zu verstehen ist, sondern überhaupt eine Erklärung durch Kräfte, die nach strengen Gesetzen der blinden Nothwendigkeit, wie die physikalischen Kräfte wirken, mögen diese Kräfte auch in der anorganischen Natur auftreten oder nicht.

Wir gehen also von der Voraussetzung aus: Einem Organismus liegt keine, nach einer bestimmten Idee wirkende Kraft zu Grunde, sondern er entsteht nach blinden Gesetzen der Nothwendigkeit durch Kräfte, die ebenso durch die Existenz der Materie gesetzt sind, wie die Kräfte in der anorganischen Natur. Da die Elementarstoffe in der organischen Natur von denen der anorganischen nicht verschieden sind, so kann der Grund der organischen Erscheinungen nur in einer andern Kombination der Stoffe liegen, sei es in einer eigenthümlichen Verbindungsweise der Elementaratome zu Atomen zweiter Ordnung, sei es in der Zusammenfügung dieser zusammengesetzten Moleküle zu den einzelnen morphologischen Elementartheilen der Organismen oder zu einem ganzen Organismus. Wir haben uns hier zunächst nur mit dieser letztern Frage zu beschäftigen, ob nämlich der Grund der organischen Erscheinungen in dem ganzen Organismus, oder in seinen einzelnen Elementartheilen liegt. Wenn diese Frage sich beantworten läfst, bleibt immer noch die weitere Untersuchung übrig, ob der Organismus oder seine Elementartheile diese Kraft besitzen durch die eigenthümliche Zusammenfügungsweise der zusammengesetzten Moleküle oder durch die eigenthümliche Art, wie die Elementaratome zu den zusammengesetzten Molekülen verbunden sind.

Man kann sich also folgende zwei Vorstellungen von

der Ursache der organischen Erscheinungen, des Wachsthums u. s. w. machen: Erstens die Ursache liegt in der Totalität des Organismus. Durch die Zusammenfügung der Moleküle zu einem systematischen Ganzen, wie der Organismus auf jeder Entwicklungsstufe ist, wird eine Kraft erzeugt, vermöge welcher ein solcher Organismus im Stande ist, neue Stoffe von aufsen aufzunehmen, und zur Bildung neuer oder zum Wachsthum seiner vorhandenen Elementartheile zu verwenden. Die Ursache des Wachsthums der Elementartheile liegt also hier in der Totalität des Organismus. Die andere Erklärungsweise ist die: Das Wachsthum geschieht nicht durch eine, im ganzen Organismus begründete Kraft, sondern jeder einzelne Elementartheil besitzt eine selbstständige Kraft, ein selbstständiges Leben, wenn man es so nennen will, d. h. in jedem einzelnen Elementartheile sind die Moleküle so zusammengefügt, dafs dadurch eine Kraft frei wird, wodurch er im Stande ist neue Moleküle anzuziehn und so zu wachsen, und der ganze Organismus besteht nur durch die Wechselwirkung der einzelnen Elementartheile (das Wort Wechselwirkung im weitesten Sinne genommen, so dafs auch das darunter begriffen wäre, wenn der eine Elementartheil den Stoff bereitet, den der andere zu seiner Ernährung braucht). Hier sind also nur die einzelnen Elementartheile das Aktive bei der Ernährung, und die Totalität des Organismus kann zwar Bedingung sein, aber Ursache ist sie nach dieser Ansicht nicht.

Zur Entscheidung, welche von diesen beiden Ansichten die richtige ist, müssen wir die Resultate der vorigen Untersuchung zu Hülfe nehmen. Wir haben gesehn, dafs alle Organismen aus wesentlich gleichen Theilen, nämlich aus Zellen zusammengesetzt sind, dafs diese Zellen nach wesentlich denselben Gesetzen sich bilden und wachsen, dafs also diese Prozesse überall auch durch dieselben Kräfte hervorgebracht werden müssen. Finden wir nun, dafs einzelne dieser Elementartheile, die sich von den übrigen nicht unterscheiden, sich vom Organismus los-

trennen und selbstständig weiter wachsen können, so können wir daraus schliefsen, dafs auch jeder der übrigen Elementartheile, jede Zelle für sich schon die Kraft besitzt, neue Moleküle anzuziehn und zu wachsen, dafs also jeder Elementartheil eine eigenthümliche Kraft, ein selbstständiges Leben besitzt, vermöge dessen er selbstständig sich zu entwickeln im Stande wäre, wenn ihm blofs die äufsern Bedingungen dargeboten würden, unter welchen er im Organismus steht. Solche selbstständig, getrennt vom Organismus wachsende Zellen sind z. B. die Eier der Thiere. Bei den Eiern höherer Thiere kann man zwar sagen, nach der Befruchtung sei das Ei wesentlich verschieden von den übrigen Zellen des Organismus; durch die Befruchtung werde dem Ei etwas zugeführt, was mehr als eine äufsere Lebensbedingung, mehr als ein Nahrungsstoff für dasselbe sei, und vielleicht erhielten die Eier erst dadurch ihr eigenthümliches Leben, so dafs man daraus nicht auf die übrigen Zellen schliefsen könne. Allein bei den Gattungen, welche blofs weibliche Individuen zählen, fällt diefs weg und ebenso bei den Sporen niederer Pflanzen. Aufserdem kann sich bei niederen Pflanzen jede beliebige Zelle von der Pflanze lostrennen und dann selbstständig weiter wachsen. Hier bestehn also ganze Pflanzen aus Zellen, deren selbstständiges Leben sich unmittelbar nachweisen läfst. Da nun alle Zellen nach denselben Gesetzen wachsen, also nicht in einem Falle der Grund des Wachsthums in der Zelle selbst, im andern Falle im ganzen Organismus liegen kann, da sich ferner nachweisen läfst, dafs einzelne von den übrigen in der Art des Wachsthums nicht verschiedene Zellen selbstständig sich entwikkeln, so müssen wir überhaupt den Zellen ein selbstständiges Leben zuschreiben, d. h. die Kombinationen der Moleküle, wie sie in einer einzelnen Zelle vorhanden sind, reichen hin, die Kraft frei zu machen, durch welche die Zelle im Stande ist, neue Moleküle anzuziehen. Der Grund der Ernährung und des Wachsthums liegt nicht in dem Organismus als Ganzem, sondern in den einzelnen Elemen-

tartheilen, den Zellen. Dafs nicht wirklich jede einzelne Zelle, wenn sie von einem Organismus getrennt wird, weiter wächst, ist gegen diese Theorie so wenig ein Einwurf, als es ein Einwurf gegen das selbstständige Leben einer Biene ist, wenn sie getrennt von ihrem Schwarm auf die Dauer nicht fortbestehen kann. Die Aeufserung der, der Zelle inwohnenden Kraft hängt von Bedingungen ab, die ihr nur im Zusammenhang mit dem Ganzen geliefert werden.

Die Frage über die Grundkraft der Organismen reducirt sich also auf die Frage über die Grundkräfte der einzelnen Zellen. Wir müssen nun die allgemeinen Erscheinungen der Zellenbildung betrachten, um zu finden, welche Kräfte man zur Erklärung derselben in den Zellen voraussetzen mufs. Diese Erscheinungen lassen sich unter zwei natürliche Gruppen bringen: Erstens Erscheinungen, die sich auf die Zusammenfügung der Moleküle zu einer Zelle beziehn; man kann sie die plastischen Erscheinungen der Zellen nennen; zweitens Erscheinungen, die sich auf chemische Veränderungen, sowohl der Bestandtheile der Zelle selbst, als des umgebenden Cytoblastems beziehn; diese kann man metabolische Erscheinungen nennen (*τὸ μεταβολικὸν* was Umwandlung hervorzubringen oder zu erleiden geneigt ist).

Die allgemeinen plastischen Erscheinungen der Zellen bestehn, wie wir gesehn haben, in Folgendem: Es bildet sich zuerst ein kleines Körperchen (Kernkörperchen); um dieses schlägt sich aufsen eine Schichte Substanz nieder (Kern), welche sich durch Ablagerung immer neuer Moleküle zwischen die schon vorhandenen verdichtet und ausdehnt. Die Ablagerung geschieht stärker im äufsern Theil dieser Schichte, als im innern. Oft verdichtet sich entweder blofs dieser äufsere Theil oder die ganze Schichte zu einer Membran, die in der Art neue Moleküle aufzunehmen fortfahren kann, dafs die Ausdehnung derselben ihrer Fläche nach stärker, als der Dicke nach geschieht, wodurch ein hohler Zwischenraum zwischen ihr und dem Kernkörperchen entstehen mufs. Um diese Schichte schlägt

sich eine zweite Schichte (Zelle) nieder, in der sich ganz dieselben Prozesse wiederhohlen, nur mit dem Unterschiede dafs diese Prozesse, namentlich das Wachsthum dieser Schichte und die Bildung des Zwischenraumes zwischen ihr und der vorigen Schichte (Zellenhöhle), hier schneller und vollkommner vor sich geht. Diefs waren die Erscheinungen bei der Bildung der meisten Zellen; bei einigen Zellen schien aber nur eine einfache Schichtenbildung, bei anderen dagegen (wo nämlich das Kernkörperchen noch hohl ist) eine dreifache Schichtenbildung statt zu haben. Die übrigen Verschiedenheiten in der Entstehung der Elementartheile reduzirten sich, wie wir sahen, darauf, dafs, wenn die Anfänge zweier benachbarten Zellen so nahe zusammenliegen, dafs die Grenzen der, um jede von beiden sich bildenden Schichten an einer Stelle zusammenfallen, eine gemeinsame Schichte entstehen kann, welche die Anfänge zweier Zellen einschliefst. So schien sich wenigstens die Entstehung der Kerne mit zwei oder mehreren Kernkörperchen durch ein solches Zusammenfallen der ersten (dem Kern entsprechenden) Schichten, die Verschmelzung mehrerer primärer Zellen zu einer sekundären durch ein solches Zusammenfallen der zweiten (der Zelle entsprechenden) Schichten erklären zu lassen. Die weitere Entwicklung dieser gemeinsamen Schichten geschieht aber so, als ob es nur eine gewöhnliche einfache Schichte wäre. Endlich kamen noch Verschiedenheiten in der Weiterentwicklung der Zellen vor, welche sich auf eine ungleichmäfsige Ablagerung der neuen Moleküle zwischen die schon vorhandenen der einzelnen Schichten zurückführen liefsen. Auf diese Weise wurden nämlich die Formveränderungen und die Theilung der Zellen erklärt. Zu den plastischen Erscheinungen an den Zellen gehört endlich noch die Bildung sekundärer Ablagerungen, indem sich nämlich auf der innern Fläche einer einfachen oder einer sekundären Zelle eine einfache Schichte oder eine Menge neuer Schichte immer eine auf der innern Fläche der vorhergehenden ablagert.

Diefs sind die wichtigsten Erscheinungen, welche bei

der Bildung und Entwicklung der Zellen vorkommen. Die zur Erklärung dieser Erscheinungen in den Zellen vorauszusetzende unbekannte Ursache kann man die plastische Kraft der Zellen nennen. Wir wollen nun sehen, welche nähere Bestimmungen dieser Kraft sich aus den angeführten Erscheinungen deduciren lassen.

Es ist erstens eine Anziehungskraft, welche im ersten Anfange der Zelle, im Kernkörperchen, schon wirkt und den Ansatz neuer Moleküle an die vorhandenen veranlafst. Die erste Bildung des Kernkörperchens selbst kann man sich als eine Art Herauskrystallisiren aus einer konzentrirten Flüssigkeit denken. Ist nämlich eine Flüssigkeit so konzentrirt, dafs die Moleküle der aufgelösten Substanz stärker einander anziehn, als die Moleküle der letztern und des Lösungsmittels, so mufs sich ein Theil der festen Substanz niederschlagen. Man begreift leicht, dafs die Flüssigkeit konzentrirter sein mufs, wenn sich neue Zellen darin bilden, als wenn die vorhandenen blofs wachsen sollen. Denn ist schon etwas von der Zelle gebildet, so übt diefs eine Anziehung auf die noch aufgelöste Substanz aus. Es ist also hier eine Ursache zum Absatz dieser Substanz da, welche nicht mitwirkt, wenn noch nichts von der Zelle gebildet ist. Je gröfser daher diese Anziehung der Zelle ist, um so geringer braucht die Konzentration der Flüssigkeit zu sein, während zum Anfange der Bildung einer Zelle die Flüssigkeit mehr als konzentrirt sein mufs. Dieser aus der Anziehungskraft der Zelle unmittelbar zu ziehende Schlufs läfst sich aber auch durch die Beobachtung rechtfertigen. Ueberall, wo die ernährende Flüssigkeit nicht gleichmäfsig in einem Gewebe vertheilt ist, entstehen die neuen Zellen da, wo die Flüssigkeit zunächst in das Gewebe dringt, wo sie also am konzentrirtesten ist. Hierauf beruhte, wie wir sahen, der Unterschied zwischen dem Wachsthum der organisirten und der nicht organisirten Gewebe. S. oben pag. 201. Die Bestätigung des obigen Schlusses durch die Erfahrung spricht also auch für die Richtigkeit der Schlufsfolge selbst.

Die Anziehungskraft in den Zellen wirkt so, dafs sie den Ansatz der neuen Moleküle in doppelter Weise bewirkt, erstens in Schichten, zweitens in den einzelnen Schichten so, dafs die neuen Moleküle zwischen die schon vorhandenen abgelagert werden. Es ist diefs nur ein Ausspruch des Faktums; das einfachere Gesetz, wefshalb sich mehrere Schichten bilden, und die neuen Moleküle sich nicht alle zwischen die vorhandenen ablagern, läfst sich noch nicht nachweisen. Die Schichtenbildung kann sich ein, zwei oder dreimal wiederholen. Beim Wachsthum der einzelnen Schichten findet das Gesetz statt, dafs der Absatz der neuen Moleküle da am stärksten geschieht, wo die Nahrungsflüssigkeit am konzentrirtesten vorhanden ist. Daher kondensirt sich, sowohl von der dem Kern, als von der der Zelle entsprechenden Schichte, vorzugsweise der äufsere Theil zu einer Membran, weil die ernährende Flüssigkeit von aufsen eindringt, sie also im äufsern Theil jeder Schichte konzentrirter ist, als im innern Theil derselben Schichte. Aus demselben Grunde wächst der Kern, so lange die Zellenschichte sich noch nicht um ihn gebildet hat, schnell, hört aber ganz auf zu wachsen oder wächst wenigstens viel langsamer, sobald sich die Zellenschichte niedergeschlagen hat; denn dann ist die Zellenschichte diejenige, welche zuerst den Nahrungsstoff, welche ihn also in konzentrirterer Form empfängt. Daher bildet sich überhaupt die Zelle viel vollständiger aus, während die Kernschichte gewöhnlich auf einer Entwicklungsstufe stehn bleibt, wie die Zellenschichte in ihrer frühern Periode. Was die Art des Ansatzes der neuen Moleküle anbelangt, so geschieht er in der Art, dafs ein stärkeres Wachsthum der Schichten nach der Fläche, als nach der Dicke stattfindet, so dafs ein Zwischenraum zwischen jeder Schichte und der vorhergehenden entsteht, wodurch erst Zellen und Kern zu wirklichen hohlen Bläschen werden. Diefs setzt also voraus, dafs die Anlage der neuen Moleküle zwischen die nach der Fläche der Membran nebeneinanderliegenden stärker ist, als zwischen die nach der

Dicke der Membran übereinanderliegenden. Wäre es umgekehrt, so würde jede Schichte zwar in der Dicke wachsen, aber keine hohlen Zwischenräume zwischen ihr und der vorigen, also keine Bläschen, sondern ein solider aus Schichten zusammengesetzter Körper entstehn.

Die Anziehungskraft der Zellen wirkt in allen festen Theilen der Zelle. Diefs geht nicht nur daraus hervor, dafs sich die neuen Moleküle überall zwischen die vorhandenen absetzen können, sondern auch aus der Bildung der sekundären Ablagerungen. Ist einmal eine Zellenhöhle gebildet, so kann auch aus dem Inhalt derselbe Stoff so angezogen werden, dafs er sich in Schichten ablagert, und zwar geschieht diefs auf der innern Fläche der Zellenmembran, die also wahrscheinlich das Anziehende ist. Diese Schichtenbildung auf der innern Fläche der Zellenmembran ist vielleicht nur eine Wiederholung desselben Prozesses, durch welche sich früher Kern und Zelle als Schichten um das Kernkörperchen niederschlugen. Doch mufs bemerkt werden, dafs sich die Identität dieser beiden Prozesse noch nicht so nachweisen läfst, wie die Identität der Prozesse der Kern- und Zellenbildung, dafs vielmehr insofern ein Unterschied in den Erscheinungen stattfindet, indem die sekundären Ablagerungen bei Pflanzen in Spiralen geschehn, während bei der Bildung der Zellenmembran und des Kerns diefs wenigstens noch nicht erwiesen ist, obgleich nach einigen Phytotomen auch die Zellenmembran selbst aus Spiralen bestehn soll.

Die Anziehungskraft in den Zellen kann gleichmäfsig in der ganzen Zelle vorkommen, sie kann sich aber auch auf einzelne Stellen beschränken, so dafs der Absatz der neuen Moleküle an einzelnen Stellen stärker erfolgt, daher ein stärkeres Wachsthum einzelner Stellen der Zellenmembran, also eine Formveränderung der Zelle hervorgebracht wird.

Die Anziehungskraft der Zellen wirkt mit einer gewissen Auswahl. Nicht alle Substanzen, die in dem umgebenden Cytoblastem enthalten sind, werden angezogen,

sondern nur gewisse und zwar theils solche, die analog mit der vorhandenen Substanz der Zelle sind (Assimilation), theils solche, die chemisch davon verschieden sind. Durch Assimilation wachsen die einzelnen Schichten, dagegen wird bei der Bildung einer neuen Schichte Substanz angezogen, die von der Substanz der vorigen Schichte verschieden ist; denn Kernkörperchen, Kern und Zellenmembran bestehen aus chemisch verschiedenen Substanzen.

Diefs sind die Eigenthümlichkeiten der plastischen Kraft der Zellen, so weit sie sich bis jetzt aus den Beobachtungen herleiten lassen. Die Aeufserungen dieser Kraft setzen aber in den Zellen noch eine andere Fähigkeit voraus. Das Cytoblastem, in dem sich Zellen bilden, enthält zwar die Elemente der Stoffe, aus denen die Zelle zusammengesetzt wird, aber in anderen Kombinationen; es ist keine blofse Auflösung von Zellensubstanz, sondern enthält nur bestimmte organische Substanz aufgelöst. Die Zellen ziehen daher nicht blofs Stoff aus dem Cytoblastem an, sondern sie müssen die Fähigkeit haben, die Bestandtheile des Cytoblastems chemisch umzuwandeln. Aufserdem können alle Theile der Zelle selbst während ihres Vegetationsprozesses chemisch verändert werden. Die unbekannte Ursache all dieser Erscheinungen, die wir unter dem Namen metabolische Erscheinungen der Zellen zusammenfassen, wollen wir die metabolische Kraft nennen.

Zunächst läfst sich über diese Kraft nachweisen, dafs sie ein Attribut der Zellen selbst ist, und dafs das Cytoblastem dabei passiv ist. Als Beispiel kann man hier die Weingährung *) anführen. Ein Dekokt von Malz bleibt

*) Anmerkung: Ich habe es nicht vermeiden mögen, die Gährung als Beispiel anzuführen, da sie die am genauesten bekannte Wirkung der Zellen ist, und am einfachsten den Prozefs darstellt, wie er sich im lebenden Körper an jeder Zelle wiederholt. Für diejenigen übrigens, welche die von Cagniard-Latour und von mir aufgestellte Theorie der Gährung noch nicht anerkennen, kann die Entwicklung aller einfachen Zellen, namentlich der Sporen, als Beispiel dienen, und es soll im Text aus der Gährung kein Schlufs gezogen werden, der sich nicht auch

für sich lange Zeit unverändert. Sobald man aber etwas Hefe hinzusetzt, welche theils aus ganzen Pilzen, theils

---

aus der Entwicklung anderer einfacher und aufser Zusammenhang mit einem andern Organismus sich entwickelnder Zellen, namentlich der Sporen niederer Pflanzen ziehen läfst. Dafs übrigens die Fermentkügelchen Pilze sind, dafür sind auch alle denkbaren Beweise geliefert. Ihre Form ist die der Pilze, ihre Struktur ist, wie die der Pilze, da sie aus Zellen bestehn, von denen viele wieder junge Zellen enthalten, sie wachsen wie Pilze durch Hervortreibung neuer Zellen an ihren Enden, sie pflanzen sich fort wie Pilze, theils durch Lostrennung der einzelnen Zellen, theils durch Erzeugung neuer Zellen in den vorhandenen Zellen und Zerplatzen dieser Mutterzellen. Dafs nun diese Pilze die Ursache der Gährung sind, geht erstens daraus hervor, weil sie konstant bei der Gährung vorkommen, zweitens, weil die Gährung aufhört durch alle Einwirkungen, wodurch nachweisbar die Pilze getödtet werden, namentlich Siedhitze, arsenichtsaures Kali u. s. w., drittens weil das, den Prozefs der Gahrung erregende Prinzip ein Stoff sein mufs, der durch diesen Prozefs selbst wieder erzeugt und vermehrt wird, eine Erscheinung, die nur bei lebenden Organismen Statt hat. Aufser der chemischen Analyse sehe ich auch hier die Möglichkeit eines weitern Beweises nicht ein, es sei denn, dafs man nachweisen könnte, dafs Kohlensäure und Alkohol sich nur an der Oberfläche der Pilze bilden. Ich habe eine Reihe von Versuchen angestellt, um diefs nachzuweisen, die aber bis jetzt ihrem Zweck noch nicht vollständig entsprochen haben. Ein langes Reagenziengläschen wurde mit einer schwachen, durch Lackmus schwach blau gefärbten Zuckerauflösung gefüllt, und sehr wenig Hefe zugesetzt, so dafs die Gährung erst nach mehreren Stunden beginnen, und die Pilze vorher sich auf den Boden absetzen konnten, so dafs die Flüssigkeit klar wurde. Hier begann nun die Röthung der blauen Flüssigkeit (durch die sich bildende, aber aufgelöst bleibende Kohlensäure) wirklich vom Boden des Gläschens. Wurde Anfangs ein Steg in der Mitte des Gläschens angebracht, so dafs auch darauf Pilze sich ablagern konnten, so begann sie vom Boden und von diesem Steg. Hieraus folgt wenigstens, dafs ein unaufgelöster Stoff, der schwerer ist als Wasser, die Gährung veranlafst; es wurde nun der Versuch im Kleinen unter dem Mikroskop wiederholt, um zu sehen, ob grade von den Pilzen die Röthung ausgeht; allein hier war die Farbe wegen ihrer Blässe nicht mehr zu unterscheiden, und wurde die Flüssigkeit intensiver gefärbt, so trat keine Gährung ein. Es ist indessen wahrscheinlich, dafs sich ein Reagenz

aus einer Menge einzelner Zellen besteht, so tritt gleich die chemische Umwandlung ein. Das Malzdekokt ist hier das Cytoblastem; das Aktive bei dieser Umwandlung sind offenbar die Zellen und das Cytoblastem ist ganz passiv, und hier sogar eine gekochte Flüssigkeit. Dasselbe findet statt, wenn man überhaupt einfache Zellen, z. B. Sporen niederer Pflanzen in gekochte Substanzen säet.

An den Zellen selbst scheinen aber wieder die festen Theile, Zellenmembran und Zellenkern dasjenige zu sein, was die Umwandlung hervorbringt. Der Zelleninhalt erleidet ähnliche und noch mannigfaltigere Veränderungen, als das äufsere Cytoblastem, und dafs diese Veränderungen von den festen Bestandtheilen der Zellen, namentlich der Zellenmembran ausgehn, wird daraus wenigstens wahrscheinlich, weil sich die sekundären Ablagerungen auf der innern Fläche der Zellenmembran, und andre Niederschläge gewöhnlich zuerst um den Zellenkern bilden. Man kann also überhaupt sagen: die festen Bestandtheile der Zellen haben die Fähigkeit, die mit ihnen in Berührung befindlichen Substanzen chemisch zu verändern.

Die Substanzen, welche durch die Umwandlung des Zelleninhaltes entstehn, sind andere, wie die, welche durch die Umwandlung des äufsern Cytoblastems entstehn. Woher rührt dieser Unterschied, wenn die Zellenmembran blofs umwandelnd auf ihre Umgebung wirkt? Sollte man nicht vielmehr erwarten, dafs die umgewandelten Substanzen ohne Unterschied auf der innern, wie auf der äufsern Fläche der Zellenmembran auftreten? Man könnte sagen: die Zellenmembran verändert zwar ohne Unterschied die mit ihr in Berührung befindliche Substanz, und dafs die Produkte dieser Veränderung verschieden sind, rührt blofs

---

auf Kohlensäure finden lassen wird, welches sich zur mikroskopischen Beobachtung eignet und die Gährung nicht stört. Uebrigens dürfte die vorliegende Untersuchung über den Bildungsprozess der Organismen vielleicht Einiges dazu beitragen, auch der fraglichen Theorie der Gährung bei den Chemikern mehr Eingang zu verschaffen.

daher, weil die zu verändernde Substanz des Zelleninhaltes eine andere ist, wie das äufsere Cytoblastem. Allein dann entsteht die Frage, wie es kommt, dafs der Zelleninhalt von dem äufsern Cytoblastem verschieden ist. Entsteht der Zelleninhalt so, dafs die Zellenmembran, die Anfangs den Kern dicht umschliefst, sich durch Wachsthum ausdehnt, daher ein Zwischenraum zwischen ihr und der Zelle entstehn mufs, der durch blosse Imbibition mit Flüssigkeit gefüllt wird, so kann dieser Zelleninhalt nicht wesentlich verschieden sein von dem äufsern Cytoblastem. Ich glaube daher, dafs man zur Erklärung der Verschiedenheit des Zelleninhaltes von dem äufsern Cytoblastem der Zellenmembran nicht nur im Allgemeinen die Fähigkeit zuschreiben mufs, die Substanzen, womit sie in Berührung oder womit sie imbibirt ist, chemisch zu verändern, sondern sie auch so zu trennen, dafs bestimmte Substanzen auf der innern, andere auf der äufsern Fläche der Zellenmembran auftreten. Bei der Erklärung der Sekretion schon im Blute vorhandener Stoffe, z. B. des Harnstoffs durch die Zellen, womit die Harnkanälchen ausgekleidet sind, kommt man ohnehin ohne eine solche Fähigkeit der Zellen nicht aus. Es liegt aber darin auch nichts so sehr Gewagtes, da ja das getrennte Auftreten verschiedener Substanzen bei den Zersetzungen durch die galvanische Säule Faktum ist. Vielleicht darf man aus dieser Eigenthümlichkeit der metabolischen Erscheinungen an den Zellen die Vermuthung entnehmen, dafs eine bestimmte Lage der Axen der die Zellenmembran zusammensetzenden Atome eine wesentliche Rolle bei Hervorbringung dieser Erscheinungen spielt.

Allein nicht nur das Cytoblastem und der Zelleninhalt, sondern auch die festen Bestandtheile der Zellen, namentlich die Zellenmembran erleiden chemische Veränderungen. Ohne einen nähern Zusammenhang der metabolischen Kraft der Zellen mit dem Galvanismus behaupten zu wollen, darf ich doch, blofs um sich eine bestimmtere Vorstellung des Prozesses machen zu können, daran erinnern, dafs die durch eine galvanische Säule hervorgebrachten chemischen

Veränderungen von entsprechenden Veränderungen in der Säule selbst begleitet sind.

Je dunkler die Ursache der metabolischen Erscheinungen in den Zellen ist, um so genauer müssen wir die Umstände und Erscheinungen beachten, unter denen sie vor sich gehn. Bedingung derselben ist eine gewisse Temperatur, welche ein Maximum und ein Minimum hat. Unter 0° und über 80° R. gehen diese Erscheinungen nicht vor sich; Siedhitze hebt sogar diese Fähigkeit der Zellen für immer auf; am günstigsten ist eine Temperatur zwischen 10—32° R. Durch den Prozefs selbst wird Wärme entwickelt.

Gasförmiger oder locker gebundener Sauerstoff oder Kohlensäure sind wesentlich nothwendig zu den metabolischen Erscheinungen der Zellen. Der Sauerstoff verschwindet dabei und Kohlensäure wird entwickelt, oder auch umgekehrt, Kohlensäure verschwindet und Sauerstoff wird entwickelt. Die Allgemeinheit der Respiration gründet sich grade auf diese Grundbedingung der metabolischen Erscheinungen der Zellen. Sie ist um so wichtiger, da, wie wir später sehen werden, sogar die Hauptformunterschiede der Organismen durch diese Eigenthümlichkeit des metabolischen Prozesses der Zellen bedingt sind.

Nicht jede Zelle ist im Stande jede aufgelöste organische Substanz chemisch umzuwandeln, sondern nur bestimmte. Fermentpilze z. B., in andere Auflösungen als Zucker gebracht, lassen dieselben unverändert, und überhaupt entwickeln sich die Sporen bestimmter Pflanzen nicht in allen Stoffen. Ebenso ist es wahrscheinlich, dafs im thierischen Körper jede Zelle nur bestimmte Bestandtheile des Blutes umwandelt.

Nicht nur starke chemische Einwirkungen, welche die organische Substanz überhaupt zerstören, sondern auch chemisch weniger differente Stoffe, z. B. konzentrirte Auflösungen von Neutralsalzen heben die metabolische Kraft der Zellen auf. Andere Stoffe, z. B. Arsenik, thun diefs schon in geringerer Quantität. Durch andere, sowohl or-

ganische als anorganische Substanzen können die metabolischen Erscheinungen qualitativ verändert werden, und selbst mechanische Einwirkungen auf die Zellen können eine solche Veränderung hervorbringen.

Diefs sind die wesentlichsten Eigenschaften der Grundkräfte der Zellen, so viel sie sich bis jetzt aus den Erscheinungen abstrahiren lassen. Um nun scharf aufzufassen, worin die Eigenthümlichkeit des Zellenbildungsprozesses, also des Grundphänomens der Bildung der Organismen liegt, wollen wir diesen Prozefs mit einem möglichst ähnlichen Phänomen der anorganischen Natur vergleichen. Abstrahiren wir von Allem, was der Zellenbildung speziell eigenthümlich ist, um den nächst höhern Begriff zu finden, unter den sie mit einem in der anorganischen Natur vorkommenden Prozefs subsumirt werden kann, so kann man die Zellenbildung von dem Gesichtspunkte betrachten, dafs dabei auf Kosten einer, in einer Flüssigkeit aufgelösten Substanz in dieser Flüssigkeit ein fester Körper von bestimmter regelmäfsiger Form sich bildet. Unter diesen höhern Begriff fällt in der anorganischen Natur auch der Prozefs der Krystallbildung, und dieser ist daher das nächste Analogon der Zellenbildung.

Vergleichen wir nun beide Prozesse, um die Verschiedenheit des organischen Prozesses lebhaft hervorzuheben. Was zunächst die plastischen Erscheinungen betrifft, so ist die Form der Zellen und Krystalle eine sehr verschiedene. Die Grundformen der Krystalle sind gewisse einfache immer eckige, von ebenen Flächen begrenzte, regelmäfsige oder wenigstens symmetrische Formen, und auch die sehr mannigfaltigen secundären Krystallformen sind fast ohne Ausnahme durch ebene Flächen begrenzt. So mannigfaltig die Form der Zellen ist, so haben sie doch mit Krystallen am wenigsten Aehnlichkeit; die runden Flächen walten vor, und wo Ecken vorkommen, sind sie nie ganz scharf, und die krystallähnlichen polyedrischen Formen mancher Zellen entstehen nur aus mechanischen Ursachen. Auch die Struktur der Zellen und Krystalle ist verschieden. Die Krystalle

sind solide, aus lauter übereinander gelagerten Schichten zusammengesetzte Körper: die Zellen sind einfach, oder mehrfach ineinander geschachtelte hohle Bläschen. Betrachtet man auch die Membranen dieser Bläschen als Schichten, so bleibt doch noch immer der Unterschied von Krystallen, dafs diese Schichten einander nicht berühren, sondern Flüssigkeit zwischen sich enthalten, was bei den Krystallen nicht der Fall ist, dafs dieser Schichten nur wenige, nur 1 bis 3 sind, und dafs die Schichten der Zellen chemisch von einander verschieden sind, während die Schichten der Krystalle aus derselben chemischen Substanz bestehn. Endlich ist auch ein grofser Unterschied in der Art des Wachsthums der Krystalle und Zellen. Die Krystalle wachsen durch Appositio, die neuen Moleküle setzen sich nur auf die Oberfläche der abgelagerten ab; die Zellen wachsen auch durch Intussusception, d. h. die neuen Moleküle setzen sich auch zwischen die schon abgelagerten ab.

Sind diese plastischen Erscheinungen der Zellen und Krystalle schon sehr verschieden, so sind es noch mehr die metabolischen, oder solche sind vielmehr den Zellen ganz eigenthümlich. Wenn ein Krystall wachsen soll, so mufs er als solcher vorher in der Auflösung vorhanden sein, und es mufs eine äufsere Ursache hinzukommen, welche seine Auflöslichkeit vermindert. Die Zellen dagegen sind im Stande, in der umgebenden Flüssigkeit eine chemische Veränderung hervorzubringen, Stoffe zu erzeugen, die vorher als solche nicht da waren, sondern von denen nur die Elemente in einer andern Kombination da waren. Eine äufsere Ursache zur Veränderung der Auflöslichkeit ist daher bei den Zellen nicht nothwendig; denn wenn die Zelle chemische Veränderungen in der umgebenden Flüssigkeit hervorbringen kann, so kann sie auch solche Stoffe hervorbringen, die schon unter den vorhandenen Umständen sich nicht aufgelöst erhalten können, und defshalb fällt die Nothwendigkeit einer äufsern Ursache des Wachsthums weg. Legt man einen Krystall in eine nicht konzentrirte Auflösung sogar desselben Stoffes, so erfolgt

ohne unser Zuthun nichts, oder der Krystall löst sich gar auf; die Flüssigkeit mufs abgedampft werden, wenn der Krystall wachsen soll. Legt man eine Zelle in eine nicht konzentrirte Auflösung selbst einer von ihr verschiedenen Substanz, so wächst sie und verändert diese Substanz ohne unser Zuthun. Gerade dadurch erhält der an den Zellen vor sich gehende Prozefs, so lange man ihn nicht in seine einzelnen Akte zerlegt, das Magische, was dem Begriff Leben anklebt.

Man sieht hieraus, wie sehr verschieden die Erscheinungen der Zellenbildung und der Krystallbildung sind. Indessen darf man doch auch die Momente nicht übersehen, worin beide Prozesse ähnlich sind. Sie stimmen in dem Hauptpunkte überein, dafs sich auf Kosten einer, in einer Flüssigkeit aufgelösten Substanz nach bestimmten Gesetzen feste Körper von einer bestimmten regelmäfsigen Form bilden, und zwar ist auch bei den Krystallen, wie bei den Zellen der Krystall in sofern thätig und positiv wirksam, als er veranlafst, dafs die sich niederschlagenden Substanzen an ihn und nicht irgendwo anders ansetzen. Eine Kraft, wodurch die Krystalle die in der umgebenden Flüssigkeit, aufgelöste Substanz anzuziehn im Stande sind, mufs man also bei ihnen ebenso annehmen, wie bei den Zellen. Daraus folgt freilich nicht, dafs diese beiden anziehenden Kräfte, die Krystallisationskraft, um sie kurz zu bezeichnen, und die plastische Kraft der Zellen wesentlich dasselbe sind. Diefs würde nur dann anzunehmen sein, wenn sich nachweisen liefse, dafs beide Kräfte nach denselben Gesetzen wirken. Diefs scheint aber auf den ersten Blick keineswegs der Fall zu sein: die Erscheinungen der Krystall- und Zellenbildung sind, wie wir gesehn haben, sehr verschieden, selbst wenn wir die metabolische Kraft der Zellen, die möglicher Weise irgend einer andern Eigenthümlichkeit der organischen Substanz ihren Ursprung verdankt, einstweilen ganz aus dem Spiele lassen, und blofs die plastischen Erscheinungen betrachten.

Indessen wäre es möglich, dafs diese Unterschiede nur

sekundär sind, dafs Krystallisationskraft und plastische Kraft der Zellen identisch sind, dafs aber eine ursprüngliche Verschiedenheit der Substanz der Zellen von der Substanz der Krystalle sich nachweisen liefse, durch die man einsehen könnte, dafs die Substanz der Zellen nach den Gesetzen der Krystallbildung, statt in der Form der gewöhnlichen Krystalle als Zelle krystallisiren müsse. Es lohnt wenigstens der Mühe, einen solchen Versuch zu machen.

Suchen wir einen solchen Unterschied der Substanz der Zellen von der Substanz der Krystalle, so kann man zunächst sagen, dafs er nicht in etwas liegen kann, was die Substanz der Zellen mit den in der gewöhnlichen Form krystallisirenden organischen Substanzen gemein hat. Demnach kann z. B. die komplizirtere Zusammensetzung der Atome zweiter Ordnung in den organischen Körpern nicht die Ursache dieser Verschiedenheit sein; denn wir sehen z. B. am Zucker, dafs durch diese chemische Zusammensetzung die Krystallisationsweise nicht geändert wird.

Ein anderer Unterschied, wodurch sich wenigstens ein Theil der organischen Körper von den anorganischen unterscheidet, ist die Imbibitionsfähigkeit. Die meisten organischen Körper besitzen die Fähigkeit, mit Wasser durchdrungen zu werden und zwar in der Art, dafs diefs nicht etwa in die Zwischenräume zwischen die Elementargebilde des Körpers, sondern in die einfachen strukturlosen Gebilde, z. B. in die Zellenmembranen u. s. w. eindringt, und zwar so, dafs sie eine gleichartige Mischung bilden, und keine Theilchen des organischen Stoffes und keine mit Wasser gefüllte Zwischenräume zu sehen sind. Das Wasser findet sich in den imbibirten organischen Stoffen, wie es in einer Auflösung vorhanden ist, und so verschieden eine Auflösung von den Erscheinungen der Kapillarität ist, so verschieden ist auch die Imbibitionsfähigkeit von der Kapillarität. Wenn Wasser durch eine Schichte gelatinirten Leims durchdringt, so ist an Poren im gröbern Sinne gar nicht zu denken, und ebenso verhalten sich alle imbi-

bitionsfähigen Stoffe. Sie besitzen dadurch eine Doppelnatur; sie haben eine bestimmte Form wie die festen Körper, auf der andern Seite sind sie aber auch für alles Aufgelöste durchdringlich, wie die Flüssigkeiten. So wie eine specifisch leichtere Flüssigkeit, die sorgfältig über eine specifisch schwerere gegossen wird, so dafs beide sich nicht mischen, allmählig doch die letztere durchdringt, so verhält sich auch jede Auflösung, wenn sie mit einer schon mit Wasser imbibirten Membran in Berührung kommt, in dieser Membran gerade so, als ob die Membran eine Auflösung wäre. Da die Krystallisation der Uebergang aus dem Flüssigen in den festen Zustand ist, so kann man wohl die Möglichkeit, ja die Wahrscheinlichkeit einsehen, dafs, wenn solche eines Mittelzustandes zwischen Fest und Flüssig fähige Körper zum Krystallisiren gebracht werden könnten, sich eine bedeutende Verschiedenheit von der gewöhnlichen Krystallisationsweise herausstellen würde. In der That findet sich nichts, was man Krystall nennt, aus imbibitionsfähiger Substanz zusammengesetzt, und selbst von den organischen Körpern krystallisiren nur diejenigen, welche nicht imbibitionsfähig sind, z. B. Fett, Zucker, Weinsteinsäure u. s. w. Die imbibitionsfähigen Körper krystallisiren daher entweder gar nicht, oder unter einer Form, die von den Krystallen so verschieden ist, dafs man sie als Krystalle nicht erkennt.

Untersuchen wir, was wohl entstehen müfste, wenn ein imbibitionsfähiger Stoff nach den gewöhnlichen Gesetzen krystallisirte, welche Unterschiede von den gewöhnlichen Krystallen sich wahrscheinlich zeigen würden, wenn wir bloss annehmen, dafs die Auflösung auch die schon gebildeten Theile des Krystalls noch durchdringt, und daher zwischen die schon gebildeten Theile noch neue Moleküle sich ablagern können. Die gewöhnlichen Krystalle wachsen zwar nur durch Apposition; allein in der Art dieser Apposition findet noch ein wichtiger Unterschied statt. Setzten sich die Moleküle alle gleichmäfsig aneinander, so könnten wir zwar einen Körper von bestimmter äufserer Form

erhalten, wie ein Krystall, aber er würde die Struktur eines Krystalls nicht haben; er würde nicht aus Schichten bestehen. Die Existenz dieser Schichtung in den Krystallen setzt eine doppelte Art der Apposition der Moleküle in den Krystallen voraus: in jeder Schichte nämlich verschmelzen die neu sich ansetzenden Moleküle mit den schon vorhandenen dieser Schichte zu einem Kontinuum; diejenigen Moleküle aber, welche die einander berührenden Flächen zweier Schichten bilden, verschmelzen nicht miteinander. Es ist diess eine auffallende Eigenthümlichkeit der Krystallbildung, deren Grund wir nicht kennen. Es läfst sich für jetzt nicht einsehen, wefshalb die neuen Moleküle, die sich auf die Oberfläche eines bis auf einen gewissen Punkt gebildeten Krystalls absetzen, nicht mit den schon abgelagerten Molekülen zu einem Kontinuum verschmelzen, wie es doch die Moleküle in jeder einzelnen Schichte thun, sondern eine neue Schichte bilden, und wefshalb diese neue Schichte nicht an Dicke immer weiter wächst, sondern statt dessen sich eine zweite Schichte um den Krystall bildet u. s. w. Wir können einstweilen nichts weiter thun, als das Faktum in Form eines Gesetzes aussprechen, dafs nämlich die miteinander verschmelzenden Moleküle sich mehr der Fläche nach nebeneinander, als der Dicke nach über einander ablagern, so dafs, da die Ausdehnung der Schichte durch die Gröfse des Krystalls gegeben ist, die Schichte auch nur eine bestimmte Dicke erreichen kann, über welche hinaus die neu sich absetzenden Moleküle nicht mehr mit ihr verschmelzen können, sondern eine neue Schichte bilden müssen.

Nehmen wir nun an, dafs auch imbibitionsfähige Körper krystallisiren könnten, so wird sich dabei die doppelte Art der Verbindung der Moleküle auch zeigen müssen. Eine Schichtenbildung wird auch bei ihnen statt haben müssen; wenigstens ist nicht einzusehen, wefshalb sich hier ein Unterschied zeigen sollte, da ja gerade die Schichtenbildung bei den gewöhnlichen Krystallen zeigt, dafs die Moleküle nicht alle so genau miteinander verbunden wer-

den sollen, als es überhaupt möglich ist- Nur in den einzelnen Schichten findet eine möglichst innige Verbindung der Moleküle statt. Diese geschieht bei den gewöhnlichen Krystallen durch Apposition der neuen Moleküle auf die Oberfläche der vorhandenen und Verschmelzung mit denselben. Bei den imbibitionsfähigen Körpern ist eine vie innigere Vereinigung möglich, indem hier die neuen Moleküle sich durch Intussusceptio zwischen die vorhandenen ablagern können. Es ist daher wohl keine zu kühne Hypothese, wenn man annimmt, dafs bei imbibitionsfähigen Körpern, wenn sie krystallisiren, die einzelnen Schichten durch Intussusceptio wachsen würden, und dafs diefs bei gewöhnlichen Krystallen nur defshalb nicht geschieht, weil es nicht möglich ist.

Denken wir uns also einen Theil des Krystalls gebildet; die Ablagerung neuer Moleküle dauert fort, aber diese verschmelzen nicht mit dem schon fertigen Theil des Krystalls, sondern sie verschmelzen nur untereinander und bilden eine neue Schichte, welche, nach Analogie der gewöhnlichen Krystalle, entweder den ganzen Krystall oder nur einen Theil desselben überziehen kann. Wir wollen annehmen, sie überziehe den ganzen Krystall. Bildet sich nun auch diese Schichte, statt durch Apposition, durch Ablagerung der neuen Moleküle zwischen die vorhandenen, so darf doch dabei das Gesetz nicht geändert werden, dafs die Ablagerung der miteinander verschmelzenden Moleküle nach zwei Richtungen also in einer Fläche stärker geschieht, als in der dritten Richtung in der Dicke der Schichte, d. h. die Moleküle, welche sich durch Intussusceptio zwischen die schon vorhandenen ablagern, müssen sich zwischen die nach der Fläche der Schichte nebeneinanderliegenden Moleküle stärker ablagern, als zwischen die nach der Dicke der Schichte übereinanderliegenden. Diesem Nebeneinanderlagern der Moleküle ist bei gewöhnlichen Krystallen durch die Gröfse des Krystalls, oder durch die Gröfse der einzelnen Fläche, auf der sich die Schichte bildet, eine Grenze gesetzt; daher hört auch die Verschmelzung der

Moleküle mit dieser Schichte auf und es beginnt eine neue Schichte. Findet aber bei den imbibitionsfähigen Krystallen ein Wachsthum der Schichten durch Intussusceptio statt, so hindert, selbst wenn die Schichte schon den ganzen Krystall überzogen hat, Nichts, dafs sich noch weiter Moleküle zwischen die der Fläche nach nebeneinanderliegenden Moleküle ablagern, das Wachsthum der Schichte kann fortdauern, ohne dafs das Gesetz, wonach die neuen Moleküle miteinander verschmelzen, geändert zu werden braucht. Die Folge davon aber ist, dafs sich zunächst die Schichte mehr kondensirt, d. h. in denselben Raum mehr feste Substanz aufnimmt; dann aber wird sie sich ausdehnen und von dem fertigen Theil des Krystalls trennen, so dafs zwischen ihr und dem Krystall ein hohler Zwischenraum entsteht, der sich durch Imbibition mit Flüssigkeit füllt, und an einer Stelle ihrer innern Fläche liegt der früher gebildete Theil des Krystalls an. So erhalten wir also bei imbibitionsfähigen Körpern, statt einer neuen Schichte, die sich an die früher gebildeten Theile des Krystalls ansetzt, ein hohles Bläschen. Dieses mufs Anfangs die Form haben von dem Krystallkörper, um den es sich bildet, also eckig sein, wenn dieser eckig ist. Denken wir uns aber diese Schichte aus weicher imbibitionsfähiger Substanz zusammengesetzt, so ist leicht einzusehen, dafs ein solches Bläschen durch Imbibition sehr bald rund oder oval werden mufs. Allein der früher gebildete Theil des Krystalls besteht ebenfalls aus imbibitionsfähiger Substanz, und es ist defshalb noch sehr zweifelhaft, ob er überhaupt eine eckige Form haben mufs. Bei gewöhnlichen Krystallen lagern sich Atome Einer Substanz zusammen, und man begreift, wie eine bestimmte eckige Form des Krystalls entstehen kann, wenn diese Atome eine bestimmte Form haben, oder in bestimmten Axen eine verschiedene Anziehung aufeinander ausüben. Allein bei imbibitionsfähigen Körpern lagert sich nicht ein Atom einer Substanz an ein Atom derselben Substanz, sondern Atome von Wasser treten dazwischen und zwar Atome von Wasser,

die nicht mit einem Atomen der festen Substanz zu einem zusammengesetzten Atom verbunden sind, wie beim Krystallwasser, sondern die auf irgend eine andere unbekannte Weise zwischen den Atomen der festen Substanz sich befinden. Es läfst sich daher nicht vorhersehen, ob das, was sich vom Krystall zuerst bildet, eine eckige Form haben mufs oder nicht.

Ein gewöhnlicher Krystall besteht aus einer Menge von Schichten; er hat schon so klein, als er erkennbar ist, die Form, die später der ganze Krystall zeigt, wenigstens, was die Winkel anbelangt; wir müssen also vermuthen, dafs die erste Schichte sich um ein sehr kleines Körperchen bildet, welches dieselbe Form hat, wie der spätere Krystall. Wir wollen diefs das primitive Körperchen nennen. Bei den imbibitionsfähigen Krystallen ist es also zweifelhaft, welche Form dieses Körperchen hat. Um dieses bildet sich also auf die angegebene Weise die erste Schichte; diese wächst durch Intussusceptio und bildet so ein hohles rundes oder ovales Bläschen, an dessen innerer Fläche das primitive Körperchen anliegt. Da alle neu abzulagernden Moleküle sich in dieser Schichte absetzen können, ohne dafs das Gesetz, wonach die Moleküle bei der Krystallisation verschmelzen, geändert zu werden braucht, so mufs man consequent schliefsen, dafs diese Schichte die einzige bleibe und sich bedeutend ausdehne, so dafs sie alle Schichten eines gewöhnlichen Krystalls repräsentirt. Es ist aber die Frage, ob nicht doch Gründe vorhanden sein können, wefshalb sich mehrere Schichten bilden können. Ein solcher Grund ist allerdings denkbar. Es hängt von der Konzentration der Flüssigkeit ab, wieviel feste Substanz in einer bestimmten Zeit heraus krystallisiren mufs; die Menge der Moleküle, die sich nach dem erwähnten Gesetz in einer gewissen Zeit in der Schichte absetzen können, hängt davon ab, wieviel von der Auflösung in dieser Zeit durch Imbibition in die Membran eindringen kann. Mufs aber vermöge der Konzentration der Auflösung in derselben Zeit mehr niedergeschlagen werden, so

kann diefs sich nur als eine neue Schichte auf der äufsern Oberfläche des Bläschens absetzen. Ist diese zweite Schichte gebildet, so setzen sich die neuen Moleküle in diese ab, sie dehnt sich schnell zu einem Bläschen aus, an dessen innerer Fläche das erste Bläschen mit seinem primitiven Körperchen anliegt. Das erste Bläschen wächst nun entweder gar nicht mehr oder wenigstens viel langsamer; letzteres dann, wenn die Endosmose in die Höhle des zweiten Bläschens so schnell erfolgen kann, dafs beim Durchdringen durch dies Bläschen nicht alles Fällbare wirklich sich absetzt. Das zweite Bläschen, wenn es sich überhaupt bildet, mufs sich nothwendig auch relativ stärker entwickeln, als das erste; denn im Anfange ist die Auflösung am konzentrirtesten, daher tritt hier schneller die Nothwendigkeit der Bildung einer zweiten Schichte ein; hat sich diese aber gebildet, so ist die Konzentration der Flüssigkeit schon geringer, und es tritt diese Nothwendigkeit entweder gar nicht oder später ein. Möglicher Weise kann sich aber auch noch eine dritte, vierte u. s. w. bilden; immer mufs die äufserste Schichte sich auch relativ am stärksten entwickeln; denn wenn die Konzentration der Auflösung nur so stark ist, dafs alles, was in einer bestimmten Zeit abgelagert werden mufs, sich in der äufsersten Schichte ablagern kann, so wird auch alles zum Wachsthum dieser Schichte verwandt.

Diefs würden also die Erscheinungen sein, unter denen imbibitionsfähige Stoffe wahrscheinlich krystallisiren würden, wenn sie überhaupt krystallisirten. Ich sage wahrscheinlich; denn bei unseren noch unvollständigen Kenntnissen über Krystallbildung und Imbibitionsfähigkeit läfst sich so etwas nicht mit Sicherheit a priori bestimmen. Es ist aber einleuchtend, dafs diefs gerade die Haupt-Erscheinungen sind, unter denen sich die Zellen bilden. Die Zellen bestehen überall aus imbibitionsfähiger Substanz; es bildet sich bei ihnen zuerst ein kleines nicht eckiges Körperchen (Kernkörperchen), um dieses schlägt sich eine Schichte (Kern) nieder, die so lange schnell wächst, bis

sich aufsen eine zweite Schichte (Zelle) darum niederschlägt. Jetzt wächst diese zweite schneller und dehnt sich zu einem Bläschen aus, was oft auch mit der ersten Schichte geschieht. In anderen seltenern Fällen bildet sich nur eine, in noch anderen Fällen drei Schichten. Es bleibt hier für die Zellenbildung nur der Unterschied, dafs die einzelnen Schichten nicht aus derselben chemischen Substanz bestehn, während ein gewöhnlicher Krystall immer nur aus Einem Stoff besteht. Handelt es sich also um einen Vergleich zwischen Zellenbildung und Krystallbildung, so fallen die oben erwähnten Unterschiede in Form, Struktur und Art des Wachsthums weg. Wenn sich Krystalle aus der Substanz bildeten, woraus die Zellen bestehn, so würden sie wahrscheinlich in diesen Beziehungen sich wie die Zellen verhalten. Indessen bleiben die metabolischen Erscheinungen, die bei den Krystallen ganz fehlen, als wesentliche Unterschiede übrig.

Wenn man nun auch gerade wegen dieses wichtigen Unterschiedes zwischen Zellen- und Krystallbildung allen inneren Zusammenhang beider Prozesse läugnet, so kann der Vergleich beider doch dazu dienen, sich wenigstens eine deutliche Vorstellung von dem Zellenleben zu machen. Man kann sich etwa die Sache so vorstellen: Die Substanz, woraus die Zellen bestehn, besitzt die Fähigkeit, die Substanz, womit sie in Berührung ist, chemisch umzuwandeln, etwa so, wie das bekannte Platinpräparat Alkohol in Essigsäure umwandelt. Diese Fähigkeit kommt jedem Theile der Zelle zu. Wird nun das Cytoblastem durch eine schon gebildete Zelle so umgewandelt, dafs ein Stoff entsteht, der sich nicht an diese Zelle ansetzen kann, so krystallisirt er zunächst als das Kernkörperchen einer neuen Zelle heraus. Dieses wandelt nun das Cytoblastem ebenfalls um. Ein Theil des Umgewandelten kann sich in dem Cytoblastem aufgelöst erhalten, oder krystallisirt als Anfang neuer Zellen heraus; ein anderer Theil, die Zellensubstanz, krystallisirt um das Kernkörperchen. Die Zellensubstanz ist entweder in dem Cytoblastem löslich und krystallisirt erst heraus, wenn

dieses damit gesättigt ist, oder sie ist unlöslich und krystallisirt in demselben Moment, wo sie gebildet wird, nach den oben erwähnten Gesetzen über die Krystallisation imbibitionsfähiger Körper heraus, bildet daher eine oder mehrere Schichten um das Kernkörperchen u. s. w. Stellt man sich die Zellenbildung in dieser Weise vor, so würde man sich die plastische Kraft der Zellen als identisch mit der Kraft denken, wodurch die Krystalle wachsen. Nach der obigen Darstellung über die Krystallisation imbibitionsfähiger Körper reicht man auch wirklich mit dieser Vorstellungsweise bei den wichtigsten plastischen Erscheinungen der Zellen aus. Sehen wir aber zu, ob dieser Vergleich zu der ganzen Charakteristik der plastischen Kraft der Zellen (S. oben pag. 231) pafst.

Die Anziehungskraft in den Zellen wirkt nicht immer gleichmäfsig, sondern der Ansatz der neuen Moleküle kann stellenweise stärker erfolgen, so dafs eine Formveränderung der Zellen entsteht. Dies hat seine vollkommene Analogie bei den Krystallen. Wenn hier auch die Winkel niemals verändert werden, so kann doch an einzelnen Flächen ein stärkerer Ansatz erfolgen, so dafs z. B. aus einem Würfel eine vierseitige Säule entsteht. Hier werden auf einer oder auf zwei entgegengesetzten Flächen des Würfels neue Schichten abgelagert. Repräsentirt nun bei den Zellen eine Schichte eine Menge der Schichten eines gewöhnlichen Krystalls, so ist leicht einzusehen, dafs statt der neuen Schichtenbildung an zwei entgegengesetzten Seiten einer Zelle ein stärkeres Wachsthum der einen Schichte an diesen Stellen, also eine Verlängerung einer runden Zelle in eine Faser statt finden mufs. Ebenso mit den übrigen Formveränderungen. Die Theilung der Zellen kann bei gewöhnlichen Krystallen keine Analogie haben, weil das einmal abgelagerte keiner Veränderung mehr fähig ist. Mit der Vorstellung von imbibitionsfähigen Krystallen läfst sich dieses Phänomen aber ebenso gut vereinigen, wie die Verschmelzung mehrerer Zellen auf die oben pag. 218 beschriebene Weise. Auch die Entstehung sekundärer Ablagerun-

gen auf der inneren Fläche einer Schichte eines imbibitionsfähigen Krystalls, wie sie sich bei den Zellen bilden, kann man sich sehr gut vorstellen, wenn man dieser Schichte die Fähigkeit zuschreibt, organische Substanz chemisch umzuwandeln. Hat sich nämlich diese Schichte nach den Gesetzen der Krystallisation zu einem Bläschen ausgedehnt, und dieses sich durch Imbibition mit einer Auflösung organischer Substanz gefüllt, wird diese dann durch die Einwirkung der Schichte selbst umgewandelt, so können dabei sehr wohl Stoffe entstehen, die sich nicht mehr in der Auflösung erhalten können. Diese können dann entweder innerhalb des Bläschens als neue imbibitionsfähige Krystalle unter der Form von Zellen heraus krystallisiren, oder, wenn sie der Substanz des Bläschens verwandt sind, können sie so heraus krystallisiren, dafs sie zum System des Bläschens selbst gehören, und zwar letzteres wieder in zweifacher Weise, entweder so, dafs sie zum Wachsthum desselben verwandt werden, oder so, dafs sie neue Schichten auf der inneren Fläche des Bläschens bilden, aus demselben Grunde, wefshalb sich das Bläschen früher selbst als eine Schichte bildete. Bei Pflanzenzellen geschehen diese sekundären Ablagerungen in Spiralen. Diefs ist ein sehr wichtiges Faktum, dessen Nothwendigkeit man zwar aus den Gesetzen der Krystallisation jetzt nicht einsieht. Sollte sich aber aus den Gesstzen der Krystallisation anorganischer Körper mathematisch nachweisen lassen, dafs unter den veränderten Umständen bei imbibitionsfähigen Körpern solche Ablagerungen in Spiralen erfolgen müfsten, so würde man unzweifelhaft die Identität der plastischen Kraft der Zellen und der Grundkräfte der Krystalle behaupten können.

Wir kommen nun aber auf einige Eigenthümlichkeiten in der plastischen Kraft der Zellen, von denen man auf den ersten Blick weniger eine Analogie bei den Krystallen erwarten sollte. Die Anziehungskraft der Zellen wirkt nämlich mit einer gewissen Auswahl; nicht alle in dem Cytoblastem vorhandene Substanz wird angezogen, sondern

nur bestimmte und aus derselben Flüssigkeit, dem Blut, ernährt sich hier eine Muskelzelle, dort eine Fettzelle u. s. w. Nichts desto weniger kennen wir ein ganz ähnliches und auch häufig schon als Analogon der Assimilation angeführtes Phänomen von den Krystallen. Legt man in eine Auflösung von Salpeter und Glaubersalz einen Salpeterkrystall, so krystallisirt nur der Salpeter; legt man einen Glaubersalzkrystall hinein, so krystallisirt nur das Glaubersalz heraus: es findet also hier eine ganz ähnliche Auswahl der anzuziehenden Substanz statt.

Bei Entwicklung der plastischen Erscheinungen an den Zellen stellte sich noch das Gesetz heraus, dafs zur ersten Bildung einer Zelle eine konzentrirtere Auflösung erforderlich ist, als zum Wachsthum einer schon gebildeten Zelle, ein Gesetz, worauf der Unterschied zwischen organisirten und nicht organisirten Geweben beruht. Bei der gewöhnlichen Krystallisation mufs die Auflösung mehr als gesättigt sein, wenn die Krystallisation beginnen soll. Ist aber die Krystallisation vor sich gegangen, so bleibt nach Thenard eine Mutterlauge übrig, die nicht mehr bei dieser Temperatur gesättigt ist. Diefs ist ganz dasselbe Phänomen, wie bei den Zellen; es zeigt, dafs zum Anfang der Krystallisation eine konzentrirtere Auflösung erforderlich ist, als zum Wachsthum der schon gebildeten Krystalle. Dieses Faktum ist zwar von Thomson bestritten worden; allein wenn in dem oben angeführten unbestrittenen Versuch ein Glaubersalzkrystall das aufgelöste Glaubersalz mehr anzieht, als den aufgelösten Salpeter, und umgekehrt der Salpeterkrystall den aufgelösten Salpeter mehr anzieht, als das aufgelöste Glaubersalz, so geht doch daraus hervor, dafs ein Krystall überhaupt ein aufgelöstes Salz anzieht, eben weil der Versuch beweist, dafs es Grade dieser Anziehung gibt. Gibt es aber eine solche Anziehung, die von einem Krystall ausgeübt wird, so ist, wenn man einen Krystall in eine Auflösung eines Salzes legt, eine Ursache da, welche den Absatz dieses Salzes bewirken kann, die fehlt, wenn man keinen Krystall hineinlegt. Die Auflösung

mufs also im letztern Falle konzentrirter sein, als im ersten, wenn auch der Unterschied so unbedeutend sein kann, dafs er durch einen Versuch sich gar nicht nachweisen läfst. Es dürfte indessen eine Wiederholung der Versuche nicht überflüssig sein. Bei imbibitionsfähigen Krystallen kann dieser Unterschied noch bedeutend gesteigert werden, indem durch das Eindringen der Auflösung zwischen die abgelagerten Moleküle die Anziehung der letzteren sich vielleicht bedeutend steigern kann.

Wir sehen demnach, wie sich alle plastischen Erscheinungen an den Zellen mit Phänomenen vergleichen lassen, welche sich nach den gewöhnlichen Gesetzen der Krystallisation wahrscheinlich zeigen würden, wenn imbibitionsfähige Körper zum Krystallisiren gebracht werden könnten. So lange ein solcher Vergleich blofs den Zweck hat, sich eine deutlichere Vorstellung des Zellenbildungsprozesses zu machen, dürfte dagegen nicht viel einzuwenden sein; es liegt gar nichts Hypothetisches darin, eben weil keine Erklärung darin liegt; es wird nicht behauptet, dafs die Grundkraft der Zellen wirklich etwas gemeinsam habe mit der Kraft, wodurch sich die Krystalle bilden. Hat man doch immer das Wachsthum der Organismen, weil dabei feste Substanzen aus einer Flüssigkeit sich absetzen, mit einer Krystallisation verglichen, ohne defshalb die Identität der Grundkräfte zu behaupten. Bisher sind wir auch über diesen Boden des Gegebenen, über diese blofse Vorstellungsweise der Thatsachen nicht hinausgegangen.

Es ist aber die Frage, ob die genaue Uebereinstimmung der Erscheinungen uns nicht berechtigte, weiter zu gehen. Wenn die Bildung und das Wachsthum der Elementartheile der Organismen weiter nichts mit der Krystallisation gemein hat, als dafs sich feste Substanzen aus einer Flüssigkeit absetzen, so ist diefs allerdings kein Grund, einen innern Zusammenhang beider Prozesse anzunehmen. Allein wir haben erstens gesehn, dafs bei dem Absatz der Moleküle zur Bildung der Elementartheile der Organismen Gesetze zu Grunde liegen, die für alle Ele-

mentartheile dieselben sind, dafs es für alle Elementartheile ein gemeinsames Entwicklungsprinzip, nämlich das der Zellenbildung gibt; es wurde dann gezeigt, dafs der Grund des Ansatzes der neuen Moleküle nicht in dem ganzen Organismus, sondern in den einzelnen Elementartheilen liege (was wir die plastische Kraft der Zellen nannten); endlich wurde nachgewiesen, dafs die Gesetze, nach welcher sich die neuen Moleküle zu Zellen zusammenfügen, so viel sich nach den unvollständig bekannten Gesetzen der Krystallisation im Voraus darüber wahrscheinlich machen läfst, dieselben sind, wie die, wonach imbibitionsfähige Substanzen krystallisiren würden: Nun bestehn in der That die Zellen nur aus imbibitionsfähiger Substanz; sollte man defshalb nicht zur Aufstellung des Satzes berechtigt sein, dafs die Bildung der Elementartheile der Organismen nichts als eine Krystallisation imbibitionsfähiger Substanz, der Organismus nichts als ein Aggregat solcher imbibitionsfähiger Krystalle ist?

Ein so wichtiger Satz würde gewifs des strengsten Beweises bedürfen, wenn er als entschiedene Wahrheit hingestellt werden sollte, aber selbst von den hier voraus geschickten Prämissen kann man nicht behaupten, dafs sie in allen Punkten die hierzu erforderliche Strenge haben. Wir kennen namentlich noch zu wenig die Ursache der Krystallbildung, als dafs man, wie es oben versucht wurde, mit Sicherheit vorher bestimmen könnte, was erfolgen würde, wenn ein imbibitionsfähiger Stoff krystallisirte. Gibt man aber auch diese Prämissen zu, so wären zur Richtigkeit des fraglichen Satzes noch folgende zwei Punkte nachzuweisen: 1) dafs die metabolischen Erscheinungen der Zellen, die in der obigen Deduktion nicht berücksichtigt wurden, ebenfalls wie die plastischen Erscheinungen nothwendige Folge der Imbibitionsfähigkeit, oder irgend einer andern Eigenthümlichkeit der Zellensubstanz sind. 2) Dafs, wenn sich eine Menge imbibitionsfähiger Krystalle bilden, diese sich nach gewissen Gesetzen zusammenfügen müssen, so dafs sie ein, einem Organismus ähnliches, systematisches

Ganze bilden. Diese beiden Punkte müfsten mit aller Strenge erwiesen werden, wenn man die obige Ansicht als entschiedene Wahrheit aufstellen wollte. Anders ist es dagegen, wenn man diese Ansicht blofs als eine Hypothese hinstellt, welche zum Zweck hat, als Leitfaden für neue Untersuchungen zu dienen. In diesem Falle enthält die obige Deduktion Wahrscheinlichkeitsgründe genug, um zu einer solchen Hypothese zu berechtigen, wenn nur die beiden eben erwähnten Punkte sich mit dieser Hypothese vereinigen lassen.

Was den ersten dieser Punkte anbelangt, so würde es allerdings bei unserer Unkenntnifs über die Ursache der chemischen Erscheinungen überhaupt unmöglich sein zu beweisen, dafs ein imbibitionsfähiger Krystall chemisch umwandelnd auf seine Umgebung wirken müsse; läfst sich doch auch aus der Art, wie der Platinschwamm gebildet wird, nicht seine eigenthümliche Wirkung auf Sauerstoffgas und Wasserstoffgas im Voraus deduziren. Für die Haltbarkeit jener Ansicht, als einer möglichen Hypothese, ist aber auch nur nöthig einzusehen, dafs es eine Folge sein kann, und diefs läfst sich gar nicht leugnen; es sprechen sogar einige, freilich nur schwache Gründe dafür. Da nämlich alle Zellen diese metabolische Kraft besitzen, so ist es wahrscheinlicher, dafs diese mehr ihren Grund in einer bestimmten Lage der Moleküle, die wahrscheinlich bei allen Zellen wesentlich dieselbe ist, als in der chemischen Zusammensetzung der Moleküle hat, die bei den verschiedenen Zellen sehr verschieden ist. Auch das Auftreten verschiedener Substanzen auf der innern und äufsern Fläche der Zellenmembran (S. oben pag. 237) spricht einigermafsen dafür, dafs eine bestimmte Richtung der Achsen der Atome bei den metabolischen Erscheinungen der Zellen wesentlich sein mag. Ich denke mir daher die Sache so, dafs gerade die bestimmte Zusammenfügungsweise der Moleküle, wie sie in Krystallen stattfindet, verbunden mit der Fähigkeit der Auflösung zwischen diese regelmäfsig abgelagerten Moleküle einzudringen, die Ursache der metaboli-

schen Erscheinungen ist, so dafs ein gewöhnlicher Krystall, wenn er imbibitionsfähig gemacht werden könnte, dieselben Erscheinungen zeigen würde. Die qualitativen Unterschiede in den metabolischen Erscheinungen hangen dann vielleicht von ihrer chemischen Zusammensetzung ab.

In Bezug auf den zweiten Punkt, so ist zur Haltbarkeit jener Hypothese blofs nachzuweisen, dafs imbibitionsfähige Krystalle sich nach gewissen Gesetzen miteinander vereinigen können. Entständen nämlich alle Krystalle isolirt, ohne dafs mehrere in irgend einer Beziehung zu einanderstehen, so würde die Ansicht noch immer unerklärt lassen, wodurch die Elementartheile der Organismen, also die fraglichen imbibitionsfähigen Krystalle zu einem Ganzen verbunden werden. Es ist daher nothwendig zu zeigen, dafs Krystalle nach bestimmten Gesetzen sich miteinander vereinigen, um wenigstens die Möglichkeit einzusehen, dafs sie sich auch zu einem Organismus vereinigen können, und darin keine andere bindende Kraft angenommen zu werden braucht. Eine solche Vereinigung vieler Krystalle nach bestimmten Gesetzen läfst sich aber nicht bestreiten; ja sie vereinigen sich oft zu einem Ganzen, welches seiner Gesammtform nach einem Organismus so ähnlich ist, dafs solche Krystallgruppen schon im gewöhnlichen Leben Blumen, Bäume u. s. w. genannt werden, wobei ich nur an die Eisblumen auf den Fenstern oder an den Bleibaum u. s. w. zu erinnern brauche. Es gruppen sich dabei eine Menge Krystalle nach bestimmten Gesetzen um andre, die eine Achse bilden. Bedenkt man, dafs eine unumgängliche Bedingung des Wachsthums nicht imbibitionsfähiger Krystalle die Berührung jedes Krystalls mit der umgebenden Flüssigkeit ist, dafs aber diese Bedingung bei imbibitionsfähigen Krystallen, wo die Auflösung ganze Krystallschichten durchdringen kann, wegfällt, so sieht man ein, dafs die Aehnlichkeit dieser Krystallaggregate mit Organismen so grofs ist, als man sie nur nach dieser Verschiedenheit der Substanzen erwarten durfte. Da die meisten Zellen zu ihren metabolischen Erscheinungen, aufser der eigentlichen er-

nährenden Flüssigkeit, des Zutritts von Sauerstoff bedürfen, und Kohlensäure mufs ausgehaucht werden können oder umgekehrt, so müssen die Organismen, in denen sich keine Cirkulation der respirirenden Flüssigkeit, oder wenigstens keine hinlängliche Cirkulation ausbildet, sich so entwickeln, dafs sie der atmosphärischen Luft eine möglichst grofse Oberfläche darbieten. In dieser Lage befinden sich die Pflanzen, zu deren Wachsthum die Berührung der einzelnen Zellen mit dem umgebenden Medium auf ähnliche Weise wenn auch nicht in demselben Mafse, nothwendig ist, wie bei einem Krystallbaume, und hier fügen sich auch wirklich die Zellen zu einem Ganzen zusammen, welches mit einem Krystallbaume, in seiner Gesammtform viele Aehnlichkeit hat. Bei den Thieren aber, wo die Berührung der einzelnen Zellen mit dem umgebenden Medium durch die Cirkulation überflüssig gemacht wird, können mehr kompakte Formen entstehen, selbst wenn die Gesetze, wonach sich die Zellen aneinanderlegen, wesentlich dieselben sind.

Nach alle dem scheint die Ansicht, dafs die Organismen nichts sind als die Formen, unter denen imbibitionsfähige Substanzen krystallisiren mit den wichtigsten Erscheinungen des organischen Lebens vereinbar, und in so fern als eine mögliche Hypothese, als ein Versuch zur Erklärung dieser Erscheinungen zuläfsig. Sie enthält sehr viel Ungewisses und Paradoxes, aber ich habe sie defshalb ausführlich entwickelt, weil sie als Leitfaden für neue Untersuchungen dienen kann. Denn selbst wenn man im Prinzip keinen Zusammenhang zwischen Krystallisation und Wachsthum der Organismen annimmt, hat diese Ansicht den Vortheil, dafs man sich eine bestimmte Vorstellung von den organischen Prozessen machen kann, was immer nothwendig ist, wenn man planmäfsig neue Versuche anstellen, d. h. eine mit den bekannten Erscheinungen harmonirende Vorstellungsweise durch Hervorrufung neuer Erscheinungen prüfen will.

Nachtrag
über die Deutung des Keimbläschens.

Bei der oben pag. 49. gegebenen Deutung der Eitheile konnte es nicht mit voller Sicherheit entschieden werden, ob das Keimbläschen eine junge Zelle oder der Kern der Eizelle sey. Die meisten der vorliegenden Facta sprachen zwar für die letztere Ansicht; allein wenn sie richtig seyn sollte, so mufste die Eizelle sich um das vorher sich bildende Bläschen so entwickeln, dafs sie dasselbe Anfangs dicht umschliefst und sich dann allmählig ausdehnt. Diese entscheidende Beobachtung fehlte, und die von R. Wagner in seinem Prodromus mitgetheilten Beobachtungen deuteten vielmehr darauf hin, dafs bei der Bildung des Eies um das Keimbläschen die Membran sich nicht unmittelbar um das Keimbläschen bilde, sondern gleich eine Menge der körnigen Masse, worin das Keimbläschen liegt, mit einschliefst. Es mufste defshalb das Urtheil über die Bedeutung des Keimbläfschens bis auf weitere Untersuchungen suspendirt werden. Es war mir aber damals eine spätere Arbeit von R. Wagner (Beiträge zur Geschichte der Zeugung und Entwickelung. Erster Beitrag. Aus der mathemathisch-physikalischen Klasse der Königl. Baierschen Academie der Wissenschaften in München) unbekannt geblieben, welche die nöthigen Data zur Entscheidung dieser Frage schon enthielt. Pag. 45. sagt Wagner indem von den Eierstöcken der Insecten die Rede ist:

„Da wo sich der Eileiter erweitert, wird die körnige Masse, welche der Dottermasse ähnlich ist, reichlicher; in diese scheinen die einzelnen Keimbläschen eingebettet. So habe ich es auch im Prodromus Fig. XVIII. dargestellt. Indefs hat es mir in der letzten Zeit geschienen, als seyen die Keimbläschen mit ihren Keimflecken allerdings schon von einem Chorion und einem ganz wasserhellen Dotter umgeben.“ Die beigefügte Abbildung von Agrion virgo zeigt evident, wie das, was Wagner Chorion nennt, oder die Zellenmembran der Eizelle das Keimbläschen Anfangs dicht umschliefst und sich allmählig ausdehnt, während sich zwischen ihr und dem Keimbläschen eine wasserhelle Flüssigkeit sammelt, in der später eine Trübung und zwar zuerst um das Keimbläschen entsteht. So hatte also R. Wagner durch die Beobachtung den Hergang des Prozesses schon so gefunden, wie man ihn nach der Theorie über die Einheit des Entwickelungsprincips aller Elementartheile des Organismus vermuthen mufste. Die Deutung des Keimbläschens als Kern der Eizelle scheint mir daher kaum zweifelhaft. Auch zeigt die Abbildung von R. Wagner, dafs sich der Keimfleck zuerst, und um diesen das Keimbläschen und um dieses dann die Eizelle entwickelt. Dafs sich im Keimbläschen später ein körniger Inhalt bilden kann, ist nicht auffallend, da dasselbe in dem unzweifelhaften Kern von Fettzellen der Fische vorkommt, und die Bildung der Zelle wahrscheinlich nichts anders ist, als eine Wiederholung desselben Prozesses um den Kern, durch den sich der Kern ursprünglich um das Kernkörperchen bildet.

Bemerkungen
über eine von Herrn Prof. Valentin gegebene Darstellung der früheren Untersuchungen über den abgehandelten Gegenstand.

Nach dem Schlusse meiner Abhandlung erhielt ich die eben erschienene erste Abtheilung des Lehrbuches der Physiologie von R. Wagner, Leipzig 1839, in welchem pag. 132 u. ff. Grundzüge der Entwickelung der thierischen Gewebe von Herrn Prof. Valentin mitgetheilt sind. Der Verfasser leitet den Gegenstand mit geschichtlichen Bemerkungen ein, worin er meine Untersuchungen als eine wesentliche Vervollständigung der früher besonders von ihm nachgewiesenen Analogien thierischer Gewebe mit Pflanzenzellen darstellt. Ein Vergleich zwischen zwei Gegenständen kann sehr mannichfacher Art sein, denn es lassen sich ja Aehnlichkeiten auffinden zwischen Dingen, denen man sogar allen innern Zusammenhang abspricht. Es kommt daher alles auf die Art des Vergleichs an. Soll die historische Darstellung von Valentin gerechtfertigt sein, so mufs die Idee eines Vergleichs in der Art, wie er meinen Untersuchungen zu Grunde liegt, in Valentins früheren Untersuchungen schon vorhanden sein. Ich habe die Grundidee meiner Untersuchung im Anfange des dritten Abschnittes dieser Abhandlung auseinanderzusetzen mich bemüht; es war die, dafs ein gemeinsames Entwickelungsprinzip allen Elementartheilen der Organismen zu Grunde liegt. Es wurde von einem Vergleich einer Knorpelzelle mit einer Pflanzenzelle ausgegangen, und zwar in dem Sinne, dafs die Moleküle sich nach denselben

Gesetzen zur Bildung beider zusammenfügen, indem in beiden Fällen sich zuerst ein Kernkörperchen, um dieses ein Kern, um diesen eine Zelle bildet. Aus dieser übereinstimmenden Entstehungsweise zwei so verschiedener Elementartheile wurde dann das Prinzip der gleichen Bildungsweise aller Elementartheile zuerst erschlossen und dann durch die Beobachtung nachgewiesen. Was also hier zu entscheiden ist, ist die Frage, ob die Idee, ein thierisches Elementargebilde mit einer Pflanzenzelle in Bezug auf eine gleiche Entstehungsweise zu vergleichen, schon in den früheren Beobachtungen von Valentin hervortritt, und zweitens, ob Valentin das Prinzip erkannt hat, welches in der gleichen Entstehungsweise zweier physiologisch sehr verschiedener Elementartheile liegt. Ich habe in der Vorrede von meinem Gesichtspunkt aus eine kurze geschichtliche Uebersicht gegeben und kann mich durch die Bemerkungen von Valentin von der Nothwendigkeit einer Aenderung darin nicht überzeugen. Die Unpartheilichkeit erfordert indessen auch die Darstellung von Valentin hier folgen zu lassen, wobei ich die von ihm aus seinen Arbeiten citirten Stellen wörtlich und vollständig hinzufüge:

„Bei meinen ersten histogenetischen Untersuchungen hatte ich als die Urmasse aller Gewebe eigenthümliche Körnchen, welche in einer durchsichtigen Gallerte liegen, beobachtet. „Ich hatte die Verschiedenheit dieser Körner in „dem serösen und dem Schleimblatte zur Zeit der „ersten Trennung von beiden angegeben. In dem „Gefäfsblatte fand ich grofse Kugeln oder Zel„len, welche ich schon 1835 in ihrer Form „und Aneinanderlage mit dem Pflanzenzellgewe„be verglich. (Entwickelungsgeschichte 287. Das Ge„fäfsblatt erscheint wie aus grofsen Kugeln von 0,001013 P. Z. „im mittlern Durchmesser zusammengesetzt, die in ihrem In„nern vollkommen durchsichtig und so eng zusammengedrängt „sind, dafs sie an vielen Berührungspunkten sich abplatten und

„oft wie Pflanzenzellgewebe eine sechseckige Form annehmen). „Ebenso machte ich zuerst auf die Gestaltähn-„lichkeit des in Ossifikation übergehenden Knor-„pels und vorzüglich nach den Beobachtungen „von Purkinje und mir) des Kiemenknorpels der „Froschlarven mit dem Pflanzenzellgewebe auf-„merksam (ebendas. 209, 210. Die Labyrinthknorpel zei-„gen bei ihrem Ossificationsprozesse eine Gestaltveränderung, „welche von der unten ausführlicher zu beschreibenden der „meisten übrigen Knorpel des Körpers wesentlich abweicht. „Statt der gewöhnlichen Knorpelkörperchen enthalten sie gros-„se Körper von wenig bestimmter meist mit linearen Begrän-„zungen versehener, rundlicher, halbmondförmiger, tetraedrischer „oder polyedrischer Form von 0,000405 bis 0,000650 P. Z. im „mittlern Durchmesser. Sobald sie dagegen ossificiren, besteht „der verknöchernde oder so eben verknöcherte Theil aus einem „Gewebe schöner, fast wie Pflanzenzellgewebe aussehender sechs-„seitiger Balken, an und in welchem kleine Körnchen von „runder Form und ungefähr 0,000152 P. Z. im Durchmesser sich „befinden. Die letzte Form haben Purkinje und ich aufserdem „noch in den Knorpeln der Froschlarven besonders deren Kie-„menbogen schon vor längerer Zeit wahrgenommen). Aus der „Chorda dorsalis junger Embryonen beschrieb ich „die runden Zellen der Kugeln mit ihrer dazwi-„schen liegenden Interzellularsubstanz (ebendaſ. „157. Wenn auch das äufsere Ansehn der Rückensaite offenbar „eine gewisse Aehnlichkeit mit einem Knorpel darbietet, so spricht „doch die mikroskopische Untersuchung ihrer Structur entschie-„den dagegen. Ueberall, wo sie vorkommt, besteht sie aus einer „äufseren gleichmäfsigen, völlig durchsichtigen Hülle und mehr „oder minder grofsen Kugeln, die immer sehr zahlreich und dicht „unter einander liegen. In den von ihnen gelassenen Zwischen-„räumen befindet sich eine gallertartige, vollkommen durchsich-„tige Masse. Am grösten sind diese Kugeln bei Fischen und Am-„phibien, noch kleiner bei Vögeln und kleiner bei Säugethieren. „*In der zweiten Stelle, welche Valentin hierbei citirt, Repertor. I.* „187. *wird über die pag. 8. meiner Abhandlung erwähnten „und auch im Folgenden von Valentin angezogenen Untersu-„chungen von J. Müller referirt und hinzugefügt:* welche „(Chorda dorsalis) Referent auch bei 8‴ langen Schweineem-„bryonen als einen dicken innerhalb der knorplichen Wirbel be-

„findlichen Strang beobachtet hat und deren innerer Bau nach sei-
„nen Erfahrungen in den Embryonen der Säugethiere, Vögel und
„Amphibien wesentlich derselbe ist, als in den permanenten ana-
„logen Gebilden der Knorpelfische.) Bald darauf erläu-
„terte J. Müller nach unabhängigen Erfahrungen
„die Zellen bei der Rückensaite der Fische aus-
„führlich (Myxinoiden 74. u. ff.). Bei den Epithe-
„lien, welche sowohl Purkinje und Raschkow (Me-
„letem. c. mammal. dent. evol. 12) als ich (Nov. act.
„N. C. Vol. XVIII. P. 1. 96. Diese (die zottenartigen Fort-
„sätze der Plexus choroidei) liegen nicht frei, sondern sie
„selbst sowohl, als die sie vereinende körnige Membran
„werden von einem sehr feinen und durchsichtigen Epithelium
„bekleidet, dessen einzelne Kugeln die regelmäfsigste sechssei-
„tige Zellenbegränzung haben und selbst durchaus farblos und
„durchsichtig sind. Jede von ihnen enthält aber in ihrer Masse
„im Innern einen dunklen runden Kern, eine Formation, wel-
„che an den im Pflanzenreiche vorkommenden nucleus in den
„Zellen der Epidermis, des Pistilles u. dgl. erinnert. In dem
„Menschen, dessen Plexus choroidei schon dem blofsen Auge
„eine mehr schwärzliche oder dunklere Färbung zeigen, hat
„das Epithelium selbst zwar dieselbe Formation, wie wir
„eben beschrieben haben, allein die Mitte einer jeden Zelle ent-
„hält, dem Centralpunkt der Stelle des Nucleus im Innern entspre-
„chend, von aufsen ein rundes Pigmentkügelchen. Gleiche Pig-
„mentkügelchen, nur nicht so regelmäfsig gelagert, finden sich
„auch bei den meisten Vögeln, weshalb die hier eben so bestimmt
„existirenden zellenförmigen mehr zugerundeten Kugeln schwieri-
„ger wahrgenommen werden. Im ganz unverletzten Zustande des
„Objektes zeigen sowohl die Zellen als auch insbesondere die
„aufsen haftenden Pigmentkügelchen eine Anordnung, wie die
„Pflanzenzellen im Allgemeinen und besonders in den ersten For-
„mationsstadien des Blattes, d. h. eine den strengsten Gesetzen
„in der Fläche projicirter Spirallinien entsprechende Stellung)
„mit dem Pflanzenzellgewebe verglichen, wählte
„ich ausdrücklich (l. c. 77. Jede dieser Kugeln (Ganglien-
„kugeln) hat überall eine äufsere mehr oder minder deutliche
„zellgewebige Hülle und enthält eine eigene Parenchymmasse,
„einen selbsständigen nucleus oder Kern und einen in diesem
„enthaltenen rundlichen durchsichtigen zweiten nucleus) wegen
„dieser Formgleichheit die gleichförmige Benen-

„nung des Kernes, nucleus, sowie ich später den „von mir beobachteten nucleolus beschrieb (Repert. „I. 143. In jeder Zelle ohne Ausnahme befindet sich ein etwas „dunklerer und compakter Nucleus von runder oder länglich run- „der Form. Er nimmt gröfstentheils die Mitte einer jeden „Zelle ein, besteht aus einem feinkörnigen Wesen, enthält aber „in seinem Innern ein genau rundes Körperchen, welches auf diese „Weise in ihm selbst wiederum eine Art von zweitem Nucleus bil- „det). Das fortgesetzte Studium der Epithelien, „vorzüglich durch Henle und mich, liefs es an „Analogien mit dem Pflanzenzellgewebe nicht „fehlen, sowie die Selbsständigkeit der Zellen- „wandungen deutlich nachgewiesen wurde. (eben- „das. I. 284. Rundlich sechseckige platte und ziemlich dünne „Zellen liegen (in der äufsern Haut des Proteus) dicht und nach „regelmäfsiger Anordnung über einander und werden stets mit „ihren Seitenkanten und Ecken gegenseitig entfprechend, an „einander gefügt. Das Innere dieser zierlichen Gebilde wird von „einer körnigen etwas gelblichen Masse erfüllt, welche eine „Art Nucleus darstellt. Die einzelnen Körnchen dieses Nucleus „lassen sich aber, so dicht sie auch bei einander liegen, streng „von einander unterscheiden. Bei sehr starker Vergröfserung „sieht man, dafs jedes diefer Körnchen in feinem Centrum durch- „sichtiger ist, als in seiner Peripherie. Man überzeugt sich „dann auch auf das Bestimmteste, dafs die ziemlich feinen „Wandungen jeder Zelle von der centralen Höhlung genau iso- „lirt sind. An den Wänden selbst vermag man keine Spur von „Körnchen oder Fasern sondern nur eine helle durchsichtige, „glasartige und homogene Masse wahrzunehmen). Ebenso hatte „ich in dem Pigment der Choroidea wahrgenom- „men, dafs die nuclei (Pigmentbläschen) zuerst ent- „ständen (Entwickelungsgeschichte 194. Die Pigmentschicht „entsteht nach meinen Beobachtungen am Menschen, Säugethie- „ren und Vögeln auf folgende Weise: Es setzen sich zuerst auf „der innern Oberfläche der Substanzanlage einzelne runde farb- „lose und durchsichtige Körperchen ab, welche in frühester Zeit „(bis zur zehnten Woche) bei dem Menschen 0,000355 P. Z. bis „0,000405 P. Z im Durchmesser haben. Sie sind die zukünftigen „Pigmentkörperchen oder Pigmentbläschen. Bald jedoch entstehen „an ihrer Peripherie Pigmentkügelchen von schwarzer Farbe, so

„dafs die ersteren in ihrer Mitte noch durchscheinend, an ihrem „Umkreise aber dunkel und undurchsichtig sind. Diesen Zustand „hat aufser mir offenbar schon v. Ammon und R. Wagner ge- „sehen. Die Kügelchen sind von Anfang an so klein, dafs sie...... „Später belegen sich die Pigmentkörperchen immer mehr mit „schwarzen Farbekügelchen, und zwar so stark, dafs sie von allen „Seiten von den letzteren eingehüllt und verdeckt und erst dann wie- „der sichtbar werden, wenn man die Pigmentkügelchen durch Druck „oder Abwaschen entfernt hat.); sowie ich die Pigment- „zellen mit dem Pflanzenzellgewebe verglich (Re- „pert. II. 245. Das Pigment hat hier (in der Choroidea) den- „selben Character wie in den meisten andern Theilen des Kör- „pers, d. h. einen runden hellen durchsichtigen und farblo- „sen Nucleus oder um ein Pigmentbläschen liegen die Pigment- „moleküle dicht an einander gedrängt. Diese aus dem Pigment- „bläschen und den umlagernden Pigmentmolekülen bestehenden „Pigmenthaufen sind flächenartig ausgebreitet und bilden bei „dem Menschen, dem Hunde, dem Kaninchen, dem Pferde, „dem Ochsen u. dgl. ungleiche Fünf- oder Sechsecke, die „auf ähnliche Weise wie die Zellen des parenchymatischen Zell- „gewebes der Pflanzen neben einander sich befinden. Langen- „beck de retina 38,) Schwann hat diese Analogien „wesentlich dadurch vervollständigt, dafs er nach- „wies, dafs jene gallertartige Urmasse der Ge- „webe aus Zellen besteht, dafs die in ihr liegen- „den Körper nuclei sind, und dafs diese, wie die „Zellen, analoge Entwickelungsgesetze oft dar- „bieten (Frorieps Notizen 1838. Mikroskopische „Untersuchungen über die Struktur der Thiere „und Pflanzen Heft I. 1838. 8.) Ich hatte schon „1837 die Zellen der Keimhaut in dem Ei von Sepia „mit ihrem nucleus, den nucleolis und dem diese „umgebenden Hofe beobachtet, und diese Erfah- „rung damals Breschet schriftlich mitgetheilt. „Bald nachdem ich die erste Schwannsche Mit- „theilung kennen gelernt, ging ich an die Unter- „suchung des Gegenstandes. In dem Folgenden „sind die Grundresultate dieser meiner Forschun- „gen niedergelegt. Zugleich habe ich auf das

„erste Heft der Schwann'schen Schrift, welche ich „diese Tage erhalten, an den passenden Stellen „hingewiesen."

Ich füge nur noch hinzu, dafs auch das zweite Heft (Bogen 8 bis 13 und Taf. III. und IV.) also der ganze die Beobachtungen enthaltende Theil meiner Abhandlung vor den Untersuchungen von Valentin erschienen ist, und der Pariser Akademie noch im Jahre 1838 mitgetheilt wurde, eine Bemerkung, die desshalb nicht ganz überflüssig scheint, weil Herr Prof. Wagner in seiner Physiologie einen Auszug meiner Beobachtungen, den ich ihm zuschickte, vier Wochen, nachdem er mich darum ersucht hatte mit der Bemerkung mittheilte, dafs er später als die Beobachtungen von Valentin eingegangen sey. Meine ersten Mittheilungen in Frorieps Notizen enthielten übrigens auch schon die Grundsätze für die Bildung aller Gewebe und für die bei weitem meisten Gewebe auch das Detail.

Erklärung der Kupfertafeln.

Anm. Wo keine andere Vergröfserung angegeben ist, ist die Zeichnung bei einer ungefähr 450fachen Linearvergröfserung oder mit Ocular II. und Objectivlinsen 4, 5, 6 des Schiek'schen Mikroskops gemacht.

Taf. I.

Fig. 1. Parenchymatisches Zellgewebe mit Zellenkernen aus einer Zwiebel bei 290facher Vergröfserung.

Fig. 2. Matrix des Pollen von Rhipsalis salicornoides.

Fig. 3. Matrix des Pollen von Rhipsalis salicornoides.

Anm. Die Abbild. Fig. 2. und 3. verdanke ich der Güte des Hrn. Dr. Schleiden.

Fig. 4. Zellen der Chorda dorsalis einer Plötze.

Fig. 5. Knorpel aus der Spitze eines Kiemenstrahls einer Plötze.

Fig. 6. Knorpel aus der Mitte eines Kiemenstrahls einer Plötze.

Fig. 7. Knorpel aus der Wurzel eines Kiemenstrahls einer Plötze.

Fig. 8. Kiemenknorpel einer Larve von Rana esculenta.

Fig. 9. Schädelknorpel (os ethmoideum) der Larve von Pelobates fuscus.

Fig. 10. Zellen der Krystalllinse eines 4″ langen Schweinefötus.

Fig. 11. Ein isolirter Kern der Zellen der Krystalllinse.

Fig. 12. Zellen der Krystalllinse desselben Fötus, wie sie sich in die Fasern der Krystallinse verlängern.

Fig. 13, Fasern aus den innersten Schichten der Krystalllinse vom Hecht.

Fig. 14. Eine Epidermiszelle einer Grasart.

Taf. II.

Fig. 1. Ei einer Ziege nach Krause (Müller's Archiv 1837. Tab. I. Fig. 5.)

Fig. 2. Zellen der Dotterhöhle eines reifen Hühnereies.

Fig. 3. Zellen aus dem Innern eines $1\frac{1}{2}$ Linie grofsen Eies aus dem Eierstock eines Huhnes.

Fig. 4. Stückchen der Keimhaut eines reifen unbebrüteten Hühnereies, von oben betrachtet.

Fig. 5. Stückchen der Keimhaut aus einem 16 Stunden bebrüteten Hühnerei. Sie ist so gefaltet, dafs die äufsere Fläche oder die seröse Schicht den Rand bildet.

Fig. 6. Zellen des serösen Blattes derselben Keimhaut in der Nähe der area pellucida nach Entfernung des Schleimblattes.

Fig. 7. Zellen des Schleimblattes derselben Keimhaut aufser der area pellucida.

Fig. 8. Fig. 9. Verschiedene Arten und Entwickelungsstufen der Pigmentzellen aus dem Schwanze von Froschlarven.

Fig. 10. Zellen aus dem Innern des Schaftes einer ausgebildeten Schwungfeder des Raben.

Fig. 11. Frühere Entwickelungsstufen derselben aus dem noch weichen Theile des Schaftes einer unausgebildeten Feder.

Fig. 12. Ebendaher. Zellenkerne, um welche sich noch keine Zellen gebildet haben.

Fig. 13. Platte, in Fasern zerfallende Zellen aus der Rinde an der Seite des Schaftes einer in der Bildung begriffenen Rabenfeder

---

Taf. III.

Fig. 1. Aus einer Spitze eines Kiemenknorpels von Rana esculenta. Der untere Rand der Abbildung zeigt den natürlichen Rand des Knorpels.

Fig. 2. Knorpel aus dem Darmbein eines 5″ langen Schweinefötus nach Behandlung mit Essigsäure.

Fig. 3. Schmelzfasern von unreifen Zähnen eines Schweinefötus.

Fig. 4. Zellen von der Oberfläche der Schmelzmembran.

Fig. 5. Fasern, welche die substantia propria des menschlichen Zahns zusammensetzen, durch zweitägige Maceration mit verdünnter Salzsäure isolirt.

Fig. 6. Faserzellen aus dem unter den Hautmuskeln des Halses liegenden Zellgewebe eines 7″ langen Schweinefötus.

Fig. 7. Eine weiter ausgebildete Zellgewebezelle.

Fig. 8. Zellen aus der gallertartigen Substanz zwischen Chorion und Amnion eines 7″ langen Schweinefötus.

Fig. 9. Gröſsere sehr blasse Zellen aus dem Zellgewebe der Augenhöhle desselben Fötus.

Fig. 10. Fettzellen aus der Schädelhöhle einer jungen Plötze.

Fig. 11. Faserzellen aus der Achillessehne eines $3\frac{1}{2}$ Zoll langen Schweinefötus.

Fig. 12. Aus der mittlern Haut der Aorta eines 7″ langen Schweinefötus.

Fig. 13 Zellen aus dem Innern des Musculus quadratus lumborum eines $3\frac{1}{2}$ Zoll langen Schweinefötus.

Taf. IV.

Fig. 1. Rückenmuskeln eines $3\frac{1}{2}$ Zoll langen Schweinefötus.

Fig. 2. Die Faser c. der vorigen Figur nach Behandlung mit Essigsäure.

Fig. 3. Muskeln des Oberarmes eines 7″ langen Schweinefötus.

Fig. 4. Primitives Muskelbündel einer Maikäferlarve.

Fig. 5. Muskelbündel eines Hechtes.

Fig. 6. Ein Stückchen vom Nerv. ischiadicus eines 4″ langen Schweineembryo.

Fig. 7. Bündel von Nervenfasern aus dem Plex. brachialis eines 4 Zoll langen Schweineembryo.

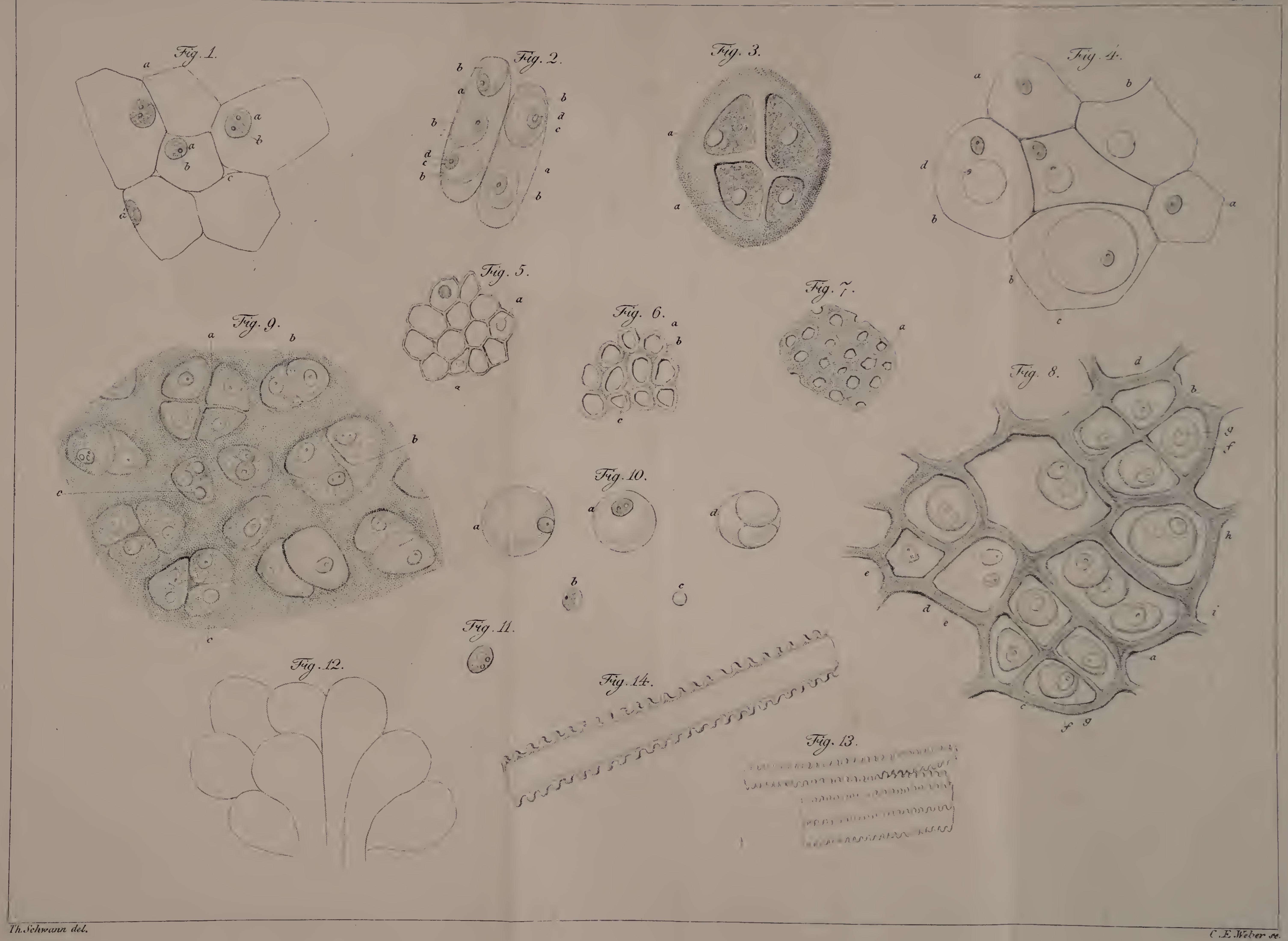
Fig. 8. Einzelne Nervenfasern: a. aus dem N. trigeminus eines 6½ Zoll langen Schweineembryo, b. c. d. aus dem N. ischiadicus desselben.

Fig. 9. Nervenfaser aus dem N. vagus eines Kalbes.

Fig. 10. Ganglienkugeln aus den untersten Ganglien des Sympathicus eines Frosches.

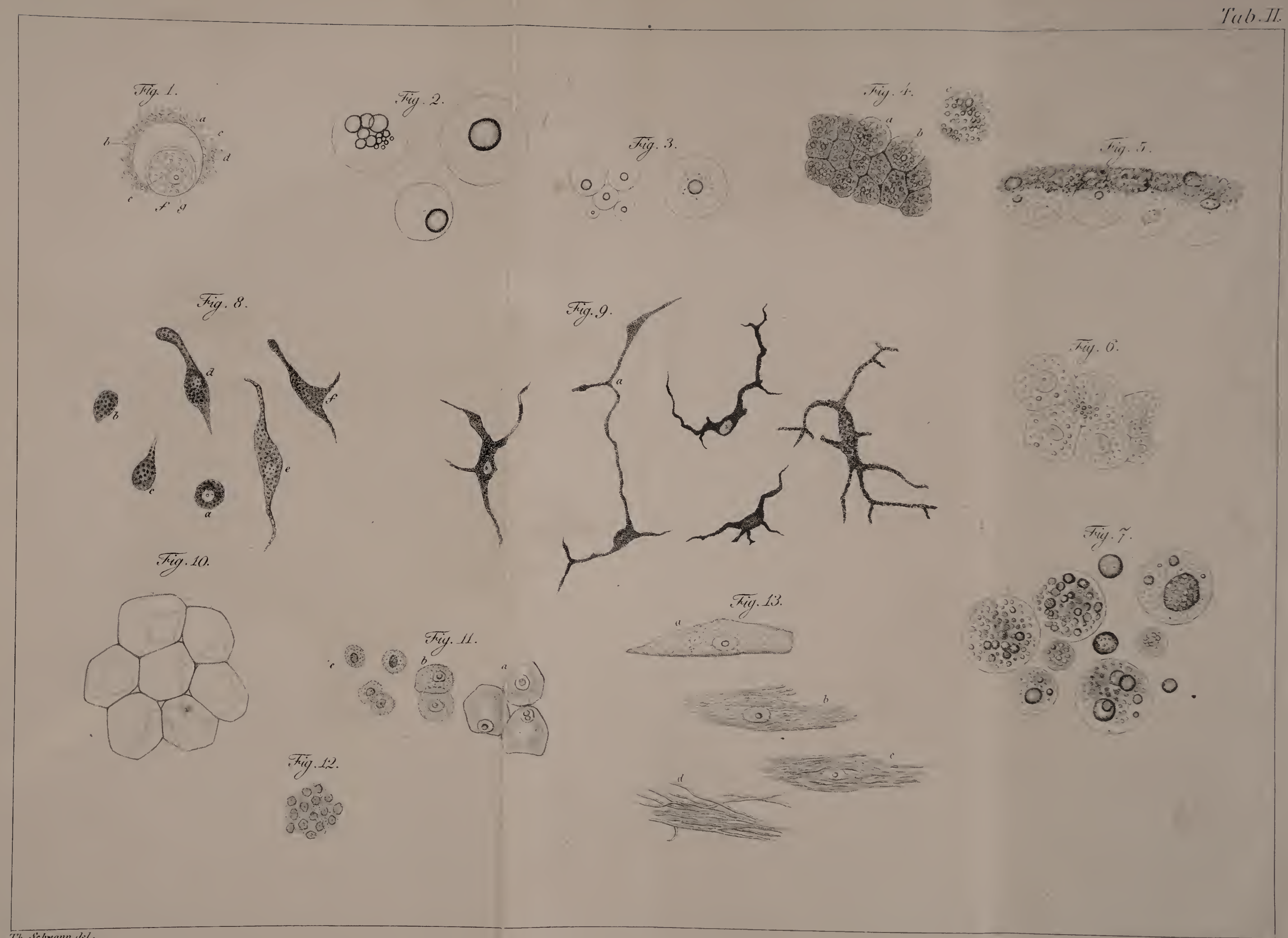
Fig. 11. Kapillargefäſse in dem Schwanze von Froschlarven.

Fig. 12. Schematische Darstellung der Bildung der Kapillargefäſse in der area pellucida eines Hühnereies.

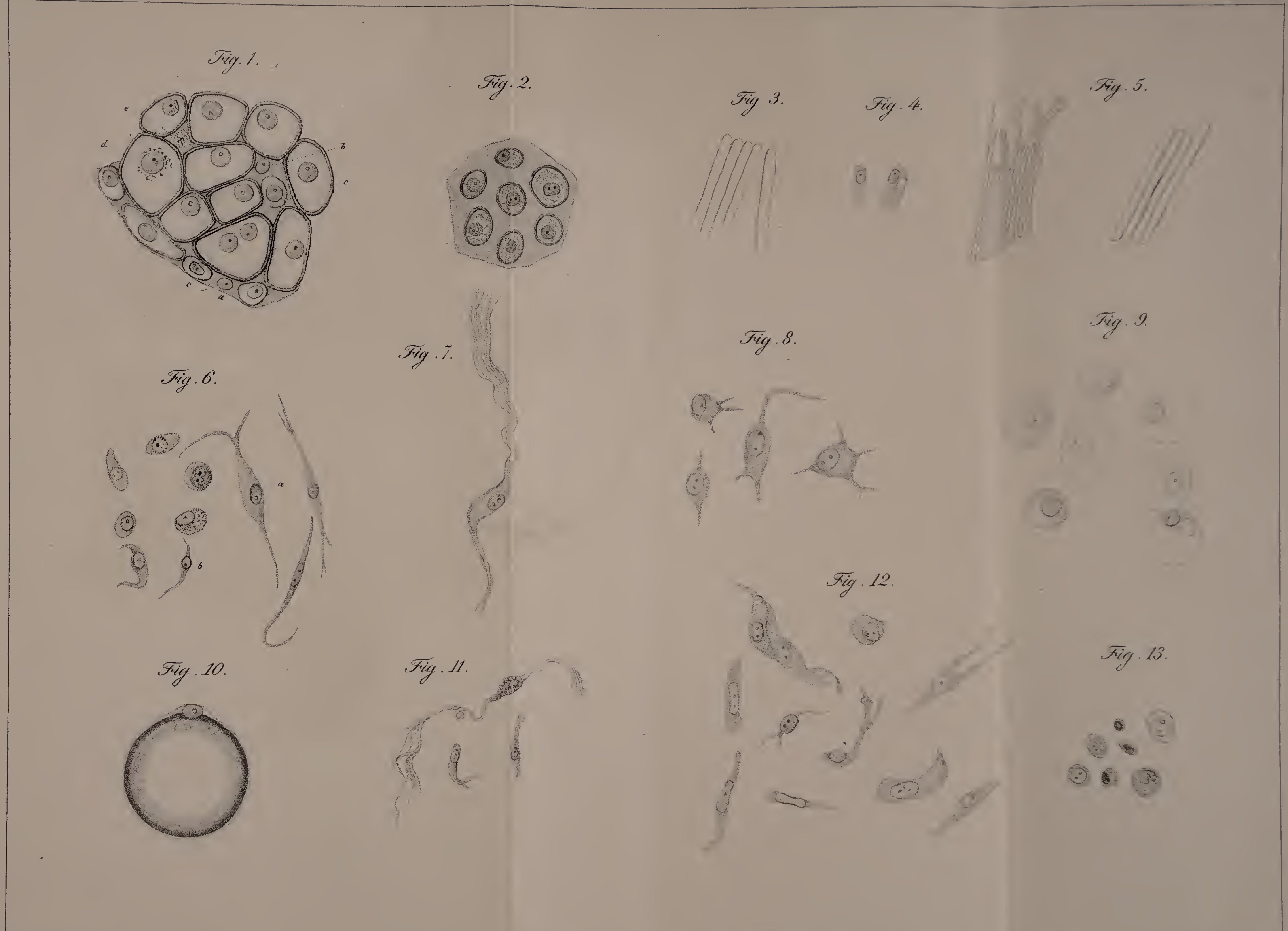


Th. Schwann del.

C. E. Weber sc.

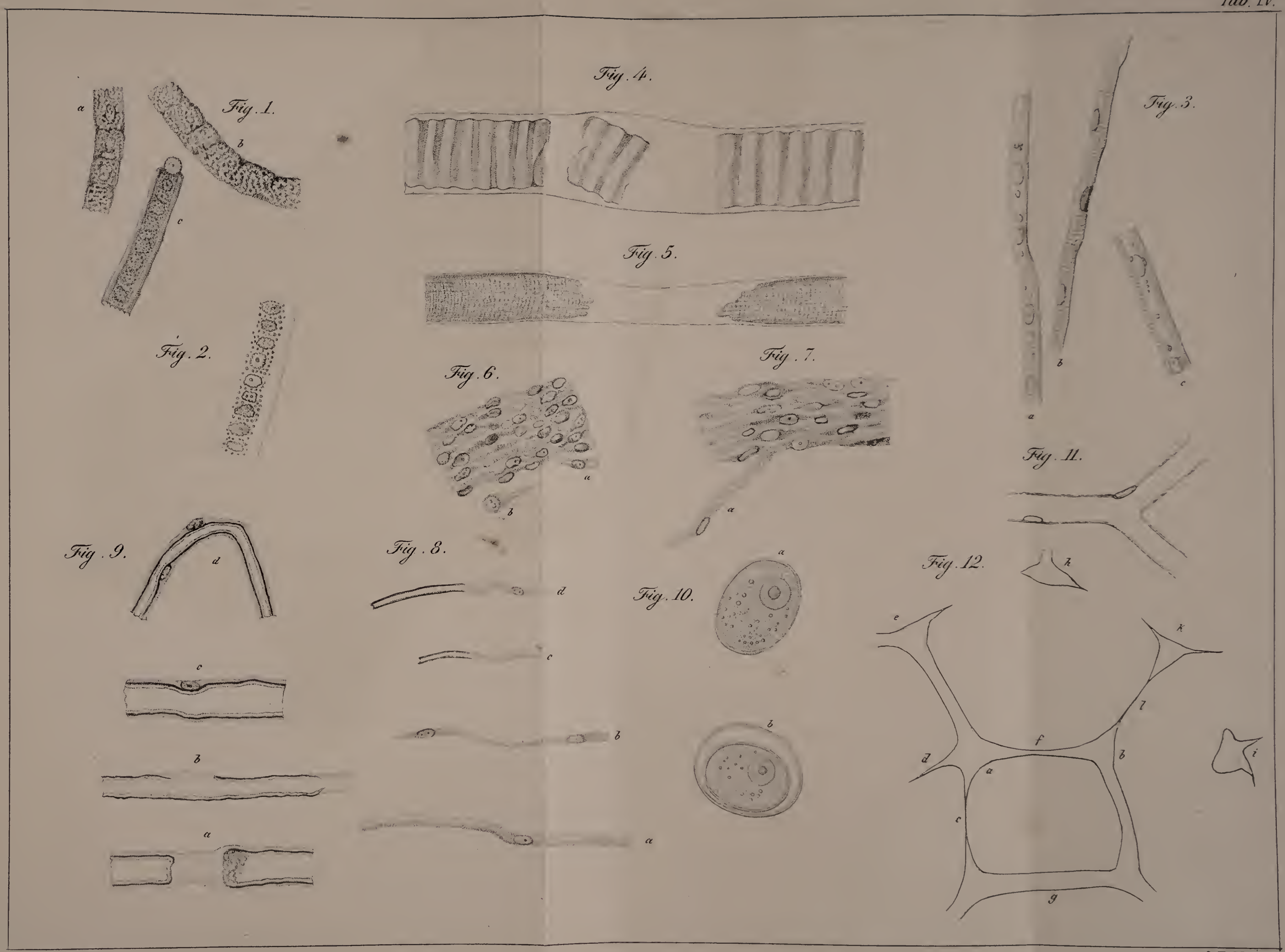

Tab. II.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Th. Schwann del.
C. E. Weber sc.

Tab. III.



Th. Schwann del. C. F. Weber sc.

Tab. IV.



Th. Schwann del.

C. E. Weber sc.

